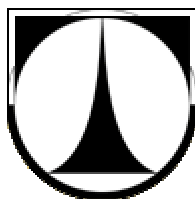


TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta strojní

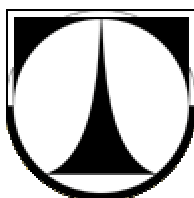


BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

FAKULTA STROJNÍ

Katedra energetických zařízení



FILIP SKLENÁŘ

Tepelné ztráty oken

Thermal Losses of Windows

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Petr Novotný, CSc

Počet stran: 44

Počet obrázků: 18

Počet tabulek: 18

Počet příloh: 3

Liberec 2009



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Jméno a příjmení: **Filip S K L E N Á Ř**
Studijní program: **bakalářský – B2341 Strojírenství**

Obor: **2302R022 Stroje a zařízení**

Zaměření: **Energetické stroje a zařízení**

Ve smyslu zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách se Vám určuje bakalářská práce na téma:

Tepelné ztráty oken

Zásady pro vypracování:

(uved'te hlavní cíle bakalářské práce a doporučené metody pro vypracování)

1. Energetický tok oknem při různém druhu zasklení
2. Materiál rámu a vlastnosti
3. Běžně dostupné okenní systémy na trhu
4. Zjišťování tepelně izolačních vlastností oken zabudovaných v ostění
5. Porovnání naměřených údajů s údaji firem

Prohlášení

Byl jsem seznámen s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, zejména §60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím diplomové práce a konzultantem.

Datum

Podpis

Declaration

I have been notified of the fact that Copyright Act No. 121/2000 Coll. Applies to my thesis in full, in particular Section 60, School work.

I am fully aware that the Technical University of Liberec (TUL) is not interfering in my copyright by using my thesis for the internal purposes of TUL.

If I use my thesis or grant a licence for its use, I am aware of the fact that I must inform TUL of this fact; in this case TUL has the right to seek that I pay the expenses invested in the creation of my thesis to the full amount.

I compiled the thesis on my own with the use of the acknowledged sources and on the basis of consultation with the head of the thesis and a consultant.

Date

Signature

Poděkování

Rád bych poděkoval panu Ing. Petru Novotnému, CSc za jeho odborné vedení, podporu a věcné připomínky, které mi poskytl k vypracování této bakalářské práce.

Anotace

Tato bakalářská práce se zaměřuje na základní vlastnosti oken, vyráběné typy a jejich parametry rozhodující při výběru. Bakalářská práce pojednává rovněž o způsobu měření vlastností oken a jejich vztahu k příslušným normám. Práce je rozdělena na několik částí. Úvodní teoretická část práce je zaměřena na přiblížení typů zasklení, druhů rámu a správnému způsobu jejich instalace do ostění, dále popisuje jednotlivé základní zkoušky posuzovaných parametrů, které jsou důležité pro správné fungování celého systému po osazení oken.

Praktická část práce je věnovaná vlastnímu měření, zhodnocení výsledků a návrhům a doporučením pro optimální volbu správného typu zasklení s vhodným druhem rámu.

Klíčová slova

Prostup tepla, materiál, zkoušky vlastností oken.

Annotation

This thesis is intended on base features of windows, their types and on the form of their choice. This thesis deals with way of measuring of windows features. It is divided into few parts. Introduction is theoretical and is dealt with types of glazing, kinds of frames and appropriate way of instalation.

Practical part describes proceed of measuring, evaluation of outcomes and proposals and recommendations for the best choice of type windows.

Key words

Glazing, material, measuring

Obsah

ÚVOD.....	4
1 ENERGETICKÝ TOK OKNEM PŘI RŮZNÉM DRUHU ZASKLENÍ	5
1.1 Fólie Heat Mirror.....	5
1.2 Pokovení.....	7
1.3 Výroba plochého skla	8
2 BĚŽNĚ DOSTUPNÉ OKENNÍ SYSTÉMY NA TRHU	10
2.1 Materiály ráků a jejich vlastnosti	10
2.1.1 Dřevo.....	12
2.1.2 Plast.....	13
2.1.3 Kovové profily.....	15
2.1.4 Kombinace materiálů	16
2.2 Používané druhy zasklení.....	16
2.3 Faktory ovlivňující konečné vlastnosti oken.....	17
2.3.1 Vliv distančního rámečku.....	17
2.3.2 Umístění oken.....	19
2.3.3 Montáž oken do ostění	20
2.3.4 Renovace stávajících oken	22
3 ZJIŠŤOVÁNÍ TEPELNĚ IZOLAČNÍCH VLASTNOSTÍ OKEN.....	23
3.1 Legislativa	23
3.2 Zkoušky oken	24
3.2.1 Posouzení výrobku s technickou dokumentací.....	24

3.2.2	Průvzdušnost.....	25
3.2.3	Vodotěsnost	26
3.2.4	Odolnost proti zatížení větrem.....	27
3.2.5	Únosnost omezovačů otevírání a odolnost proti kroucení	28
3.2.6	Prostup tepla výpočtem nebo měřením	28
3.3	Blow-door test	29
3.4	Princip měření termočlánkem	31
3.5	Princip měření snímačem tepelného toku	31
4	VLASTNÍ MĚŘENÍ NA OKNECH.....	32
4.1	Postup měření a výpočty	32
4.2	Měření v budově E	34
4.2.1	Naměřené a vypočtené hodnoty na okně v budově E	35
4.3	Měření v budově A	36
4.3.1	Naměřené a vypočtené hodnoty na okně v budově A.....	38
4.4	Zhodnocení vypočtených hodnot	39
5	POPTÁVKA NA DODÁVKU OKEN.....	40
5.1	Poptávka na okna.....	40
5.2	Nabídky na dodávku oken.....	40
5.3	Vyhodnocení nabídek	40
	ZÁVĚR.....	43
	LITERATURA.....	44

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK:

Značka	veličina	rozměr
U	součinitel prostupu tepla	$[\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}]$
A	plocha	$[\text{m}^3]$
s	šířka	$[\text{m}]$
l	délka	$[\text{m}]$
t_h	stavební hloubka	$[\text{m}]$
θ_{si}	povrchová teplota	$[^{\circ}\text{C}]$
ψ	lineární činitel prostupu tepla	$[\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}]$
i_{LV}	průvzdušnost spár	$[\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}]$
I	obvod	$[\text{m}]$
q	tepelný tok	$[\text{W} \cdot \text{m}^{-2}]$
α	součinitel přestupu tepla	$[\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}]$
t	teplota	$[^{\circ}\text{C}]$
R	tepelný odpor stěny	$[\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}]$
λ	tepelná vodivost plynu v mezeře	$[\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}]$

Úvod

V poslední době vystupuje do popředí stoupající snaha o co nejnížší tepelné ztráty objektů. Tento trend se nemohla vyhnout ani proskleným plochám. Ty jsou z hlediska tepelných ztrát nejslabším článkem. Zejména je to patrné u nízko energetických a pasivních staveb, které se do budoucna stanou standardem. Okno plní několik důležitých funkcí. Vyplňuje nám stavební otvor v obvodové konstrukci stavby, který je určen pro vstup přirozeného světla do interiéru a pro přívod čerstvého větracího vzduchu, není-li instalováno nucené větrání. Musí splňovat tepelně technické vlastnosti dle příslušné normy, nebo lépe nad rámec této normy. To je zamezit úniku tepla do okolí a zajistit, kde je to vyžadováno aktivní zisk sluneční energie. Velice důležitý je způsob instalace okna a vyplnění připojovací spáry, která nám může podstatně zhoršit vlastnosti celého okna a znehodnotit investici do nových oken. Samozřejmě nám tvoří výrazný architektonický prvek, se kterým se dá libovolně pracovat.

Podle normy ČSN EN 73 540-2 se v odst. 4.6 jako výplně otvorů označují: Okna, světlíky, dveře, vrata, střešní poklopy a osvětlovací část zasklených nebo lehkých obvodových konstrukcí se v této normě souhrnně označují jako „výplně otvorů“, jejich rámy a zárubně se souhrnně označují jako jejich „rámy“. Na jiné části zasklených nebo lehkých obvodových konstrukcí se vztahují technické požadavky uvedené v této normě pro stavební konstrukce podle 4.7, nevztahují se na ně tedy technické požadavky uvedené pro výplně otvorů. A dle této normy se jako výplně otvorů neoznačují: Stěny, střechy, stropy a podlahy, tj. konstrukce kromě výplní otvorů, se v této normě souhrnně označují jako „stavební konstrukce“.

1 Energetický tok oknem při různém druhu zasklení

Velký výběr nabízených systémů zasklení usnadňuje projektantům práci při výběru vhodného druhu pro dané použití. Rozhodujícím faktorem budou při výběru tepelně technické parametry. Zejména v dnešní době, kdy při rostoucích cenách primárních zdrojů je nutné šetřit. Samozřejmě je nutné provést také ekonomickou analýzu problému, aby byla zaručena reálná návratnost vynaložených finančních prostředků.

Základní druhy zasklení:

dvojsklo s mezerou vyplněnou vzduchem

dvojsklo s mezerou vyplněnou argonem, kryptonem, xenonem

dvojsklo s mezerou vyplněnou argonem (kryptonem, xenonem) a pokovením

dvojsklo s mezerou vyplněnou argonem (kryptonem, xenonem) a přídanou fólií

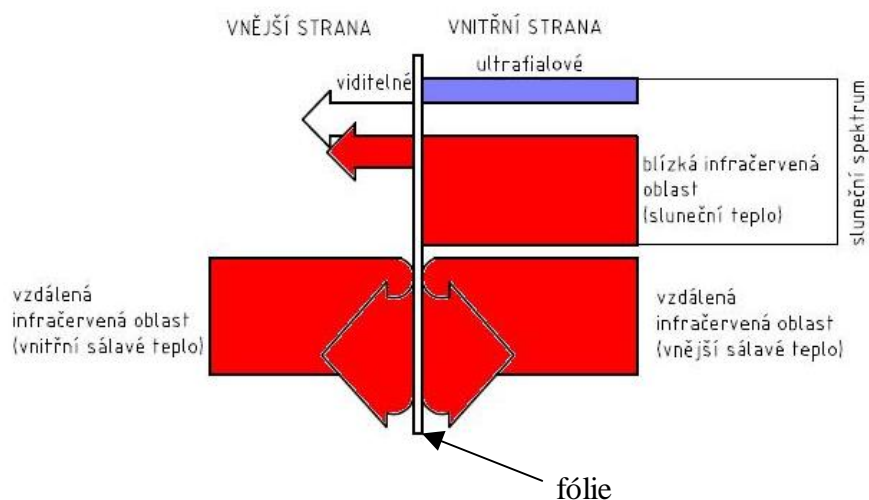
trojsklo s mezerou vyplněnou argonem (kryptonem, xenonem)

trojsklo s mezerou vyplněnou argonem (kryptonem, xenonem) a přídanou fólií

plus další kombinace počtu skel, druhu plynu, pokovení a fólií

1.1 Fólie Heat Mirror

Obr. 1 Energetický tok oknem při použití fólie

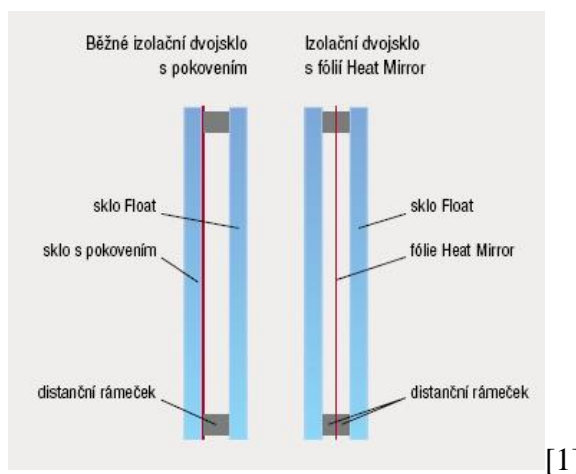


[1]

Obyčejné dvojsklo propouští kolem 40% UV záření, které způsobuje mimo jinéblednutí barev v interiéru. Pokovené dvojsklo pak 20% a trojsklo 8%. Použitím fólie Heat

MirrorTM se dostaneme na hodnotu 0,5%. Tyto fólie propouštějí od 33% do 88% viditelného světla, podle typu. Menší propustnost je nahrazena jinou výhodou. Odrazem slunečního a tepelného záření. Běžné dvojsklo propustí 81% a trojsklo 71% viditelného světla. Propustnost v infračervené oblasti se vzrůstající vlnovou délkou klesá. Pro blízkou IR oblast (sluneční záření) dochází k prostupu a ve vzdálené oblasti IR naopak k odrazu. Množství slunečního záření z celkového dopadajícího na zasklení, které projde po dopadu do interiéru charakterizuje solární faktor g [%]. Při použití fólie u dvojskla a argonem nebo jiným plynem se dostaneme na hodnoty mezi 16 a 43%. U dvojskla s mezerou vyplněnou vzduchem prochází až 76% a u dvojskla s pokovením a argonem projde až 63%. Instalací Heat Mirror fólie získáme zasklení, kterým můžeme regulovat pasivní solární zisky. V letním období nedochází k přehřívání místností, v zimním využijeme maximálně zisky ze slunečního záření. Výroba fólie spočívá v nanesení šesti až dvanácti vrstev stříbra a oxidu india v tloušťce několika mikrometrů. Celá fólie se následně napíná mezi další skla viz Obr. 1. Nahrazuje třetí sklo při značné úspoře materiálu na rám a snižuje hmotnost. Použitím této fólie nám o 2 až 3°C stoupne vnitřní povrchová teplota. Nabízené typy fólií Heat Mirror jsou: HM 88, 66, 55, 44, 33, HM SC 75 a HM TC 88. Vyrábí se ve dvou šířkách 1829 a 2000mm. Životnost se odhaduje na 30 let. Liší se v procentech odrazivosti a propustnosti, každý typ je tedy vhodný pro jiné použití, od prosklených kancelářských budov po nízko energetické obytné stavby.

Obr. 2 Rozdíl v umístění pokovení a fólie

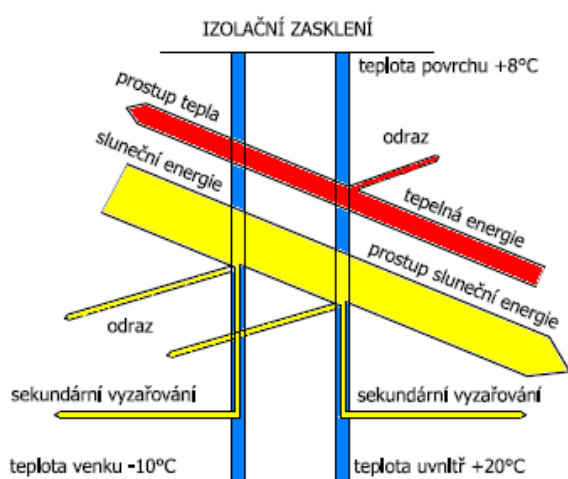


[1]

1.2 Pokovení

Technologie pokovení byla vynalezena v 80. letech. Máme dva druhy, tvrdé a měkké. Pokovení se nanáší, na rozdíl od fólie Heat Mirror přímo na sklo. U tvrdého pokovení je tato vrstvička nanесena na vnější sklo a je vystavena povětrnostním vlivům. Musí mít další ochrannou vrstvu proti poškrábání a jinému poškození. Měkké pokovení je nanесeno na vnitřní stranu skla, která je chráněna před okolním prostředím. Nanášení probíhá speciálními technologiemi, nanášením v magnetronu. Ve vakuu je pomocí katodového rozprašování nanášená vrstva atomů stříbra a oxidů kovů, které se uvolní po bombardování ionty. Docílí se tím rovnoměrného nanесení až 17 vrstev. Nevyžaduje dodatečnou ochranu. Skla s některou uvedenou vrstvou se označují LowE (nízká emisivita).

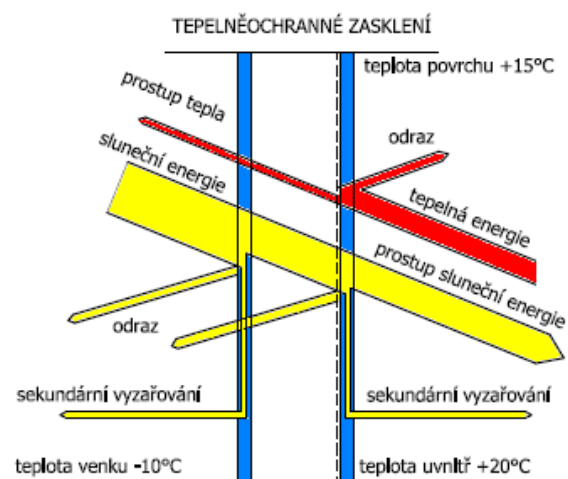
Obr.3 Energetický tok oknem při pokovení



$$U = 3 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$$

$$g = 77\%$$

$$\text{prostup světla} = 81\%$$



$$U = 1,3 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$$

$$g = 61\%$$

$$\text{prostup světla} = 76\%$$

vrstvička kovu a argon

Sluneční energie je elektromagnetické vlnění o vlnové délce od 0,3 do 2,5 nm. 52% záření leží v oblasti viditelného světla. 48% připadá na neviditelné infračervené a ultrafialové záření. Část záření dopadajícího na zasklení je pohlcena, tzn. Tato část záření je sklem přijata a jako teplo vyzářena po obou stranách do okolí (absorpce). Další část je odražena, tedy na povrchové ploše je záření odraženo zpět (odraz); největší část záření pronikající sklem naráží ve vnitřním prostoru na masivní stavební části, přemění se v teplo, což vede k emisi dlouhovlnného infračerveného záření (tepelného záření). Infračervené záření, které dopadne na zasklení zevnitř, je vrstvou oxidu kovu na tepelně ochranném zasklení odraženo zpět do interiéru. [18]

Uvedené hodnoty na obrázku jsou staršího data. Dnešní zasklení dosahuje celkově lepších parametrů. Touto fólií lze vylepšit U hodnotu zasklení o 0,30 až 0,70 W·m⁻²·K⁻¹. Mezi další vlivy ovlivňující U hodnoty jsou např. druh použitého plynu a vzájemná vzdálenost tabulí skla. Dříve používaný plyn vzduch je dnes nahrazován inertními plyny Argonem, Kryptonem a Xenonem. Použitím lepšího plynu se snižuje potřebná vzdálenost tabulí z 24mm u vzduchu na 6mm u Xenonu.

Tab.1 Porovnání vlastností různých typů zasklení

		Tloušťka	Hmotnost	U vertical	g	R _{sol}	T _{vis}	R _{vis}	T _{UV}
		[mm]	[kg.m ⁻²]	[W.m ⁻² .K ⁻¹]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]
Dvojsklo	FI4-16Air-FI4	24,5	20	2,80	76	13	81	15	44
	FI4-16Ar-Le4	24,5	20	1,12	63	24	79	13	20
	FI4-16Kr-Le4	24,5	20	1,02	63	24	79	13	20
Heat Mirror	FI4-12Ar-TC88-12Ar-Le4	32,5	20	0,78	43	33	64	12	0,4
	FI4-10Kr-TC88-10Kr-Le4	28,5	20	0,58	43	33	64	12	0,4
	FI4-12Ar-SC75-12Ar-Le4	32,5	20	0,76	32	44	61	21	0,3
	FI4-10Kr-SC75-10Kr-Le4	28,5	20	0,56	32	44	61	21	0,3
Trojsklo	FI4-10Ar-Le4-10Ar-Le4	32,5	30	0,82	53	28	71	16	8

FI4 čiré plavené sklo 4mm, Le4 nízko emisivní pokovené sklo 4mm, 16, 12, 10mm šířka mezery, Air vzduch, Ar Argon, Kr Krypton, SC 75, TC 88 fólie Heat Mirror, U_{vert} součinitel prostupu tepla ve vertikální poloze, g vyjadřuje propustnost celkového slunečního záření sklem, vzhledem k nezasklenému otvoru, R_{sol} reflexe slunečního záření, R_{vis} reflexe viditelného světla, T_{vis} prostup viditelného světla, T_{UV} prostup ultrafialového záření

Vypočítáno v souladu s normami EN 673, EN 410 a ISO 150 99

[1]

Tabulka nám ukazuje rozdílné vlastnosti základních druhů zasklení. Na první pohled je patrný rozdíl v hmotnosti a v hodnotách prostupu tepla. Podle druhu fólie a pokovení je možno volit parametry pro konkrétní použití. Také je vidět jak s druhem vyplnění, klesá potřebná mezera mezi skly.

1.3 Výroba plochého skla

Roční spotřeba skla činí přibližně 45 milionů tun. Z toho polovina pochází z Asie, třetina z Evropy a jedna šestina ze Severní Ameriky. Největší podíl, 70% jde do stavebnictví, 20% do vybavení interiérů a 10% do automobilového průmyslu.

Výroba plochého skla (float – termín pro plavení i označení skla zároveň) probíhá

plavením roztaveného skla na hladině tekutého cínu. Díky tomu má sklo dokonale hladký povrch na obou površích. Vznikají velké tabule určené k dalšímu zpracování. Základní materiál na tavení, sklářský kámen, se skládá ze 73% písku, 15% sody, 10% vápna a 2% procent přísad dle výrobce.

Konkrétní postup výroby se skládá z šesti automatizovaných operací.

Zakládání vsázky – suroviny (písek, soda, vápenec, dolomit...), které jsou skladovány zvlášť se dle typu skla naváží, smíchají se střepy a dopraví do pece.

Tavení v tavícím agregátu – vsázka je tavena v plynové peci při teplotách (1550-1600)°C, dochází k přeměně na sklovinu, která se časem homogenizuje.

Plavení skla – vytékající sklovina je navedena do cínové lázně, kde postupně klesá teplota na 600°C a dochází k tvarování na požadovanou tloušťku a šíři.

Nanášení vrstev na skleněný pás – nanášení tenkých povlaků oxidů kovů probíhá při vysokých teplotách. Vznikající zplodiny se odvádějí a neutralizují.

Chlazení skla – nekonečný pás skla je v plastickém stavu vyzvednut z cínové lázně do chladicí pece. Zde dochází k řízenému ochlazování podle chladicí křivky, tak aby bylo eliminováno vnitřní napětí a následně nedocházelo k lomům skla. Pás vystupuje z chladničky při teplotě 60-80°C.

Řezání – před řezáním pás prochází detektorem vad a pak je nařezán na tabule potřebných rozměrů. Maximální rozměr je 600 x 321 cm. Následuje balení a expedice k zákazníkům.

Základní druhy vyráběných skel:

Plavená skla - float

Vrstvená skla – dvě a více tabulí mezi, které se vkládá polyvinylbutyralová fólie (PVB), tato skla se označují jako bezpečnostní.

Tvrzená skla – další typ bezpečnostních skel. Sklo je zahřáno do bodu měknutí (650°C) a následně prudce ochlazeno. Tato úprava dodá sklu pětikrát větší odolnost oproti obyčejnému.

Zrcadla – na jednu stranu se nanese vrstvička stříbra a lak.

Protipožární skla – tabule skla jsou spojeny protipožární vrstvou, která při požáru zpění a vytváří tak ochrannou vrstvu.

2 Běžně dostupné okenní systémy na trhu

Tab.2 Typy oken

[3]

 plastová okna	 plastohliníková okna	 dřevěná okna
 dřevěná okna	 špaletová okna	 dřevohliníková okna
 dřevohliníková okna	 hliníková okna	 zimní zahrady

2.1 Materiály rámů a jejich vlastnosti

V následující tabulce 3 jsou uvedeny druhy používaných materiálů na výrobu rámců a jejich vlastnosti. Jako referenční je zvoleno dřevo, ostatní jsou porovnávány právě se dřevem. Celkově vychází nejlépe právě dřevo, jedná se o snadno dostupný a lehce zpracovatelný přírodní materiál s dobrými tepelnými vlastnostmi. Plast je moderní velmi rozšířený materiál, kolem kterého je stále mnoho otázek, např. co se týká životnosti. Hliník je velmi náročný na zpracování, ale má dlouhou životnost s minimální potřebou údržby. Budoucnost bude zřejmě patřit kombinacím těchto materiálů, pro docílení nejlepších vlastností a příznivých cen.

Tab.3 Porovnání vlastností materiálu oken

	Dřevo	Plast	Hliník	Dřevo/hliník	Ocel
Tepelné vlastnosti	dobré $U=1,4-1,7 \text{ W/m}^2\text{K}$	dobré $U=1,8-2,2 \text{ W/m}^2\text{K}$	špatné $U=2,2-2,8 \text{ W/m}^2\text{K}$	střední $U=1,7-2,0 \text{ W/m}^2\text{K}$	velmi špatné $U>3 \text{ W/m}^2\text{K}$
Konstrukční vlastnosti	dobré při odpovídající péči	dobré	dobré	dobré	střední, problémy s kondenzující vlhkostí
Možnost recyklace	závislá na barvách	dobrá, nepoužívaná	dobrá	dobrá	dobrá
Údržba	nákladná, zvenčí natírat po 3-5 letech	snadná, povrchové plochy matní a eventuálně křehnou	snadná	snadná	snadná při použití pozinkování, resp. použití vypal. laku
Primární energetické náklady	20 kWh/m^2	70 kWh/m^2	1000 kWh/m^2	240 kWh/m^2	120 kWh/m^2
Relativní náklady	100%	80-90%	160-180%	140-220%	120-200%
Životnost	více než 20 roků	více než 30 roků	více než 30 roků	více než 30 roků	více než 30 roků

[18]

2.1.1 Dřevo

Dřevo se jeví jako ideální materiál z hlediska tepelně izolačního i ekologického. Má z používaných materiálů nejnižší koeficient tvarových změn, velmi dobrou pevnost a vysokou požární odolnost. Jeho zpracování je jednoduché, šetrné k životnímu prostředí a polotovary jsou lehce dostupné. Mezi nejpoužívanější patří smrk, borovice, modřín a dub. V dnešní době se výhradně dřevěné rámy vyrábí z lepených vysušených hranolů, označovaná jako Euro okna. Minimalizují se tak deformace způsobené hlavně měnící se vlhkostí dřeva a okolní teplotou. Nevýhodou použití dřeva je nutnost se o rámy starat. Pravidelně je natírat, nejlépe biologicky lehce odbouratelnými nátěry zaručující bezproblémovou recyklaci, které zaručí stabilitu barev a ochranu před povětrnostními vlivy a před houbami a plísní. Jedno z nejvíce namáhaných míst je spodní část, kde stéká voda po skle dolů. Zde se instaluje termookapnice, chrání toto místo před stékající vodou a únikem tepla a zvyšuje celkovou životnost rámu. Dřevěná okna se vyrábí obvykle v hloubce 68, 78, 80, 88, 95mm. Větší hloubka rámu zlepšuje tepelné vlastnosti. Tvarově lze dřevěné rámy libovolně formovat.

Obr. 4 Řez dřevěným oknem



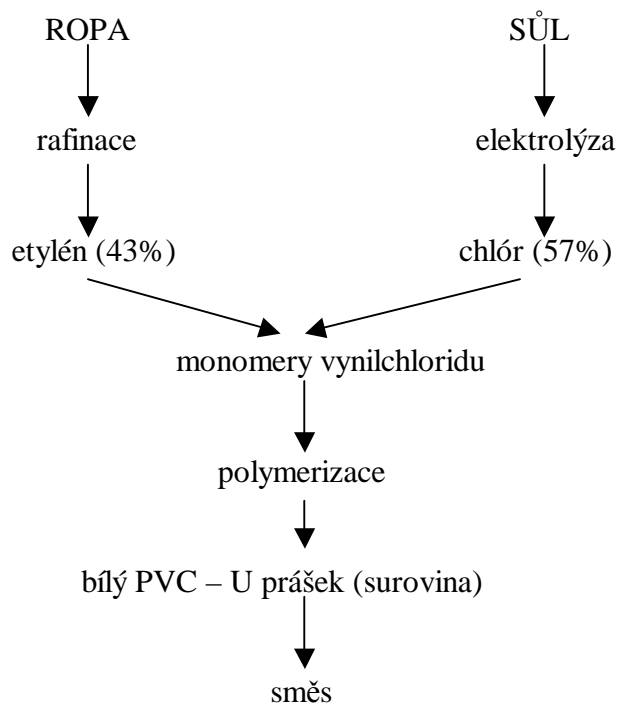
- rám - profil 80
- křídlo - profil 80
- izolační dvojsklo
- termodistanční rámeček
- zasklívací lišta
- těsnění s tvarovou pamětí
- přídavné těsnění
- termookapnice
- povrchová úprava
- suché zasklení bez silikonového tmelu

[21]

2.1.2 Plast

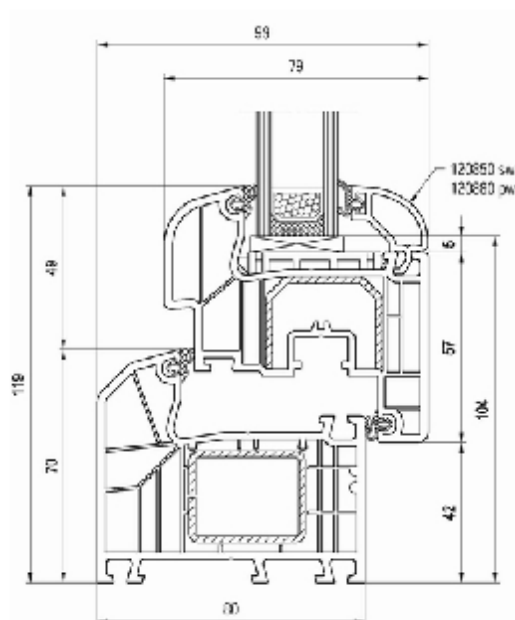
Plastová okna jsou u nás velice oblíbená a jistě tvoří většinu instalovaných oken, jednak z důvodu minimální údržby, ale hlavně co se týče finanční stránky. Jsou nabízeny jako jedno, dvou a vícekomorová. Pro použití v pasivních domech se do komor přidává izolační pěna pro zlepšení izolačních vlastností. Do výrobního závodu jsou dovezeny plastové profily ve tvaru tyčí délky 6 – 7m. Nejprve jsou nařezány na požadované rozměry a zkosí se hrany na 45°. Současně se vyfrézují potřebné drážky. U vícekomorových se do největší komory ručně vkládá ocelová výztuha, aby byla dosažena stabilita celého rámu a křídel. Bohužel tato výztuha zhoršuje zhruba o jednu desetinu celkový prostup tepla rámu U_f . Hodnota součinitele prostupu tepla U_f se u profilů s výztuhou pohybuje okolo 1,4 W/m²K. Ostatní komory zajišťují dobré tepelně technické vlastnosti, ochranu proti hluku a odvod zkondenzované vody vně rám. Vnitřní ocelová výztuha je velice důležitá, protože plastový profil se vyznačuje velkou délkovou teplotní roztažností. Ta může být až 0,08 mm/m/°C. Pokud by výztuha nebyla kvalitně provedena hrozila by situace, kdy okno v létě nebo zimě neotevřeme, nebo úplně nedovřeme. Takto připravený rám se svaří asi při teplotě 250°C a následně frézka začistí nerovnosti po svařování. Celý rám se na závěr vybaví těsněním a celo obvodovým kováním. To zvyšuje celkovou odolnost proti vloupání a umožňuje několik režimů otevření okna. Celý proces probíhá na zcela automatizované lince. Zbývá jen ručně provést zasklení požadovaným sklem a zalepení silikonovým tmelem spolu s překrytím zasklívací lištou. Před expedicí prochází zhotovené výrobky výstupní kontrolou. Standardně se okna dodávají v barvě bílé, ale je možno je tlakově polepit tenkou fólií imitující dřevo, nebo libovolný barevný odstín. Na Obr. 5 vidíme postup výroby základní směsi pro výrobu rámu. Do finální směsi si každá firma přimíchává své osvědčené suroviny pro zlepšení vlastností jako je stálost barev a mechanické poškození.

PRODUKCE PVC



[3]

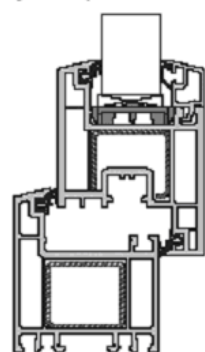
Obr. 6 Řez plastovým oknem



[3]

Obr. 7 Řez 3 a 5-ti komorového plastového okna

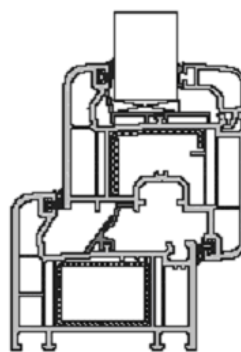
Zvyšující se tepelné izolační vlastnosti dle možných koncepčních provedení



$U_f: 1,90 \text{ W/m}^2\text{K}$

obr. 1.: 3K + výztuhy

Uvedené hodnoty jsou vypočítány dle normy EN ISO 10077 2



* $U_f: 1,50 \text{ W/m}^2\text{K}$
** $U_f: 1,24 \text{ W/m}^2\text{K}$

obr. 2.: 5K + výztuhy + stří. bariéra

*Uvedená hodnota je vypočítána dle normy EN ISO 10077 2

**Uvedená hodnota je změněna dle DIN 52619-3 (CIS Zlin, CZ)

[3]

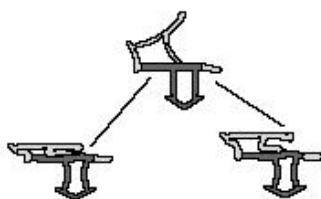
Obr. 8 Detaily plastového okna

Těsnění je navlečeno již při výrobě do profilu a tím je zajištěna stálá kvalita navlečení v profilu.



Svařené těsnění = zabezpečení vynikající těsnosti i v rozích po dobu životnosti okna.

Multifunkční těsnění zabezpečuje jak zasklívací tak i dorazovou funkci.

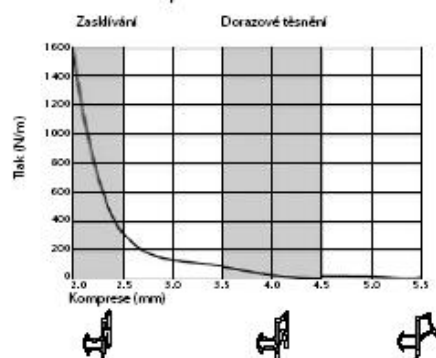


Maximální komprese
= zasklívací funkce

Minimální komprese
= dorazová funkce

Pro zabezpečení nejlepších vlastností, co do flexibility a komprese byl vybrán materiál nejvyšší kvality určen výhradně pro toto použití (TPE)

Křivka komprese



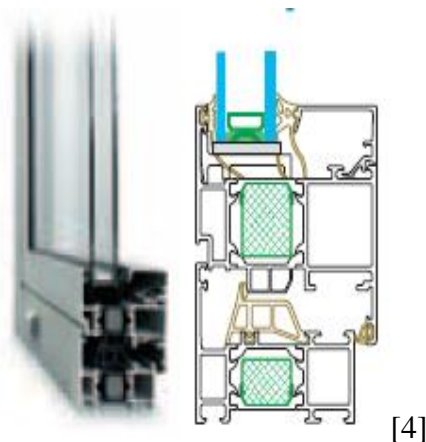
[3]

2.1.3 Kovové profily

Kov se vyznačuje velkým součinitelem tepelné vodivosti (hliník $\lambda = 204 \text{ W/mK}$, ocel $\lambda = 50 \text{ W/mK}$). Použití kovu tedy vyžaduje dokonalé přerušení tepelného mostu mezi vnitřní a vnější částí okna nevodivým spojením. Polyamidovým nebo polyetylenovým můstkem, který zajišťuje součinitel prostupu tepla rámu lepší než $U_f = 2,0 \text{ W/m}^2\text{K}$. Jinak by docházelo k obrovským ztrátám a velkému rosení zasklení. Vždyť z hliníku se například vyrábí chladiče pro odvod tepla. Přestože výroba hliníkových oken vyžaduje značné množství energie a zátěž pro životní prostředí, není jejich výroba zbytečná. Tato zátěž je vykoupena dlouhou životností a minimální potřebou údržby. Profily se vyrábí například tří komorové se stavební hloubkou kolem 70 mm, nebo jednokomorové pro vnitřní dělicí prosklené příčky. Ocelové rámy se vyrábí hlavně pro velkoplošné zasklení. Velmi důležitá je povrchová úprava kvalitním

nátěrem nebo vhodnou technologickou úpravou. Například zinkování nebo nanesení plastové vrstvy.

Obr. 9 Řez hliníkovým profilem s polyetylenovým můstkem



2.1.4 Kombinace materiálů

Mezi používané kombinace patří dřevo/hliník, dřevo/plast a plast/hliník. Kombinací materiálů se dosahuje lepších tepelně technických vlastností, zlepšení stability a větší odolnosti proti nepříznivým povětrnostním vlivům. Na dřevěné rámy se zvenku instaluje hliníková nebo plastová ochranná lišta, zvyšující celkovou životnost okna. Plastová okna jsou vylepšována celým hliníkovým profilem, který jednak zajistí zvýšenou tepelnou ochranu, odolnost a zajistí stabilitu. Plastový rám se nemusí již vyztužovat a nedochází tak k dalšímu zhoršení hodnoty U.

2.2 Používané druhy zasklení

Dnešní požadavky na úspory energie nutí výrobce stále zlepšovat parametry nabízených výrobků. Dříve používané výplně otvorů se tak od dnešních značně liší. Původní okna s jednoduchým zasklením byla nahrazena, zasklením dvojitým, dále zdvojenými okny, až dnes používaným dvojitým i více násobným zasklením s mezerou vyplněnou vzácnými plyny, nebo nalepením tepelně ochranné fólie. Nejrozšířenější je použití izolačního dvojskla. Například v případě renovace panelových domů spolu v kombinaci s plastovým rámem. Základní dělení je na izolační zasklení (obyčejné dvojsklo) a tepelně technické zasklení (dvě a více skel, vzácný plyn a použití nanesené tenké vrstvičky, nebo fólie).

Druhy zasklení:

dvojsklo s mezerou vyplněnou vzduchem

dvojsklo s mezerou vyplněnou argonem, kryptonem, xenonem

dvojsklo s mezerou vyplněnou argonem (kryptonem, xenonem) a pokovením

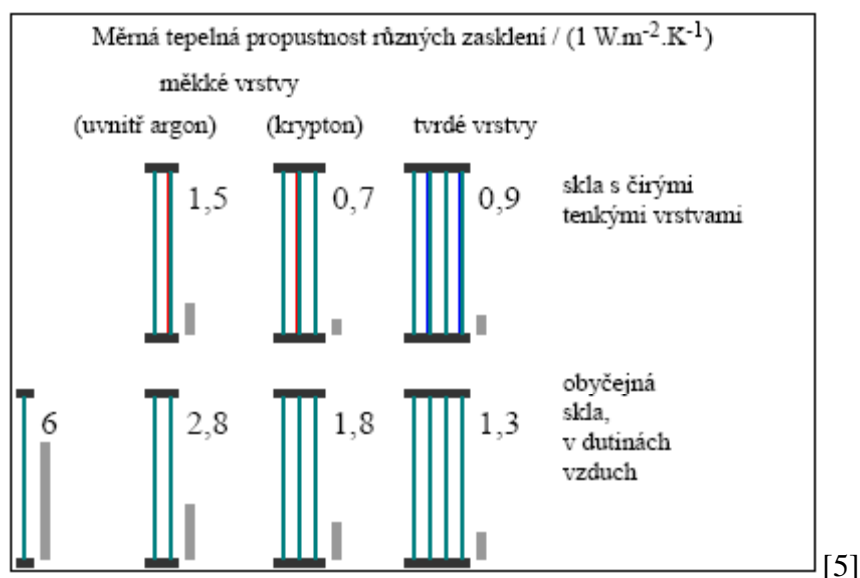
dvojsklo s mezerou vyplněnou argonem (kryptonem, xenonem) a přidanou fólií

trojsklo s mezerou vyplněnou argonem (kryptonem, xenonem)

trojsklo s mezerou vyplněnou argonem (kryptonem, xenonem) a přidanou fólií

plus další kombinace počtu skel, pokovení, fólií a druhu plynu

Obr.10 Součinitele prostupu tepla různých kombinací zasklení



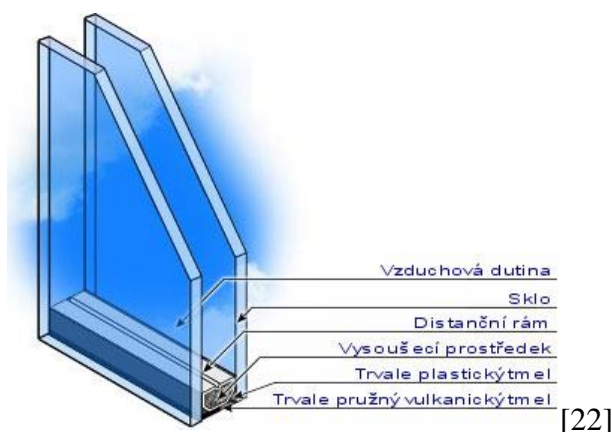
2.3 Faktory ovlivňující konečné vlastnosti oken

2.3.1 Vliv distančního rámečku

Mezera mezi skly se vymezuje distančním rámečkem. Za energeticky hospodárné je možné považovat zvyšování tloušťky mezery mezi skly do cca 1,5 cm. Od 1,5 do 5,0 cm se tepelná izolace stále ještě zlepšuje, ale již nepatrně, a od 5,0 cm výše se již tepelně izolační účinky vzduchové mezery prakticky nemění. Velikost mezery je samozřejmě jiná s ohledem na vlastnosti plynu, kterým je vyplněna. Největší tedy musí být při plnění vzduchem. V minulost byl hojně rozšířený materiál rámečků hliník, ale ten se pro toto použití vůbec nehodí. V okrajové zóně skla vytváří hliníkový rámeček tepelný most, který negativně

ovlivňuje vlastnosti v této oblasti. Snižuje se celková povrchová teplota celého okna. Dochází ke kondenzaci vodních par na povrchu skla, tento problém je patrný hlavně v zimních měsících. Vhodnější se jeví použití oceli, nerezové oceli, nebo plastu. Jsou to takzvané teplé distanční rámečky. Volba méně tepelně vodivého materiálu se projeví vyšší povrchovou teplotou při okraji zasklení, minimálním výskytem kondenzátu na spodním okraji zasklení a eliminací vzniku plísní. Z obrázku č.11 vidíme tvar distančního rámečku. Uvnitř je vyplněn vysoušecím prostředkem, aby se vzdušná vlhkost nedostala mezi skla a nedocházelo k nežádoucímu vnitřnímu rosení. Distanční rámeček by měl být umístěn 8-10mm pod okraj krycí lišty, kvůli eliminaci tepelného mostu. Podle normy ČSN 73 0540-2 jsou určeny minimální povrchové teploty na 10,2°C, pokud je pod oknem umístěno otopné těleso klesá předepsaná teplota na 9,2°C. Při venkovní teplotě -15°C, vnitřní teplotě 21°C a relativní vlhkosti 50%.

Obr. 11 Umístění distančního rámečku



Tab. 4 Kritická venkovní teplota na tvorbu kondenzátu

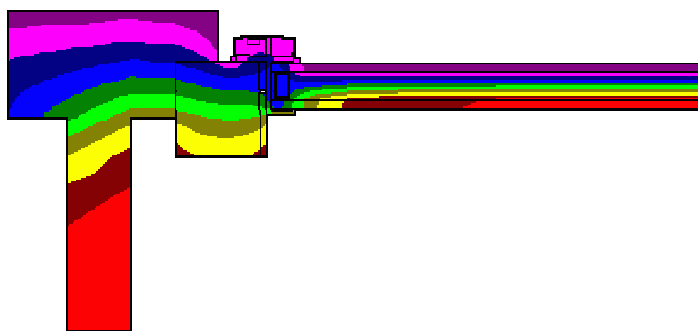
	U - hodnota zasklení [$\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$]				
rámeček	2,7	1,9	1,5	1,3	1,1
hliník [°C]	2,2	0,9	0,2	-0,2	-0,5
nerez ocel [°C]	0,2	-2,0	-3,1	-3,7	-4,3

Venkovní teplota: -10°C, pokojová teplota: 20°C, povrchová teplota na okraji skla: 10,3°C

vnitřní relativní vlhkost: 50%, materiál rámu: dřevo

[8]

Obr. 12 Vliv materiálu distančního rámečku



Zobrazení simulace teplotního pole při použití izolačního zasklení s náplní plynu Krypton $U_{ZASKLENÍ} = 0,9 \text{ (W/m}^2 \cdot \text{K)}$ a **hliníkového** distančního rámečku.

Bez započítání vlivu distančního rámečku je

$$U_{w1} = 1,75 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

$$U_w \text{ celého okna potom} = \mathbf{1,29 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}}$$

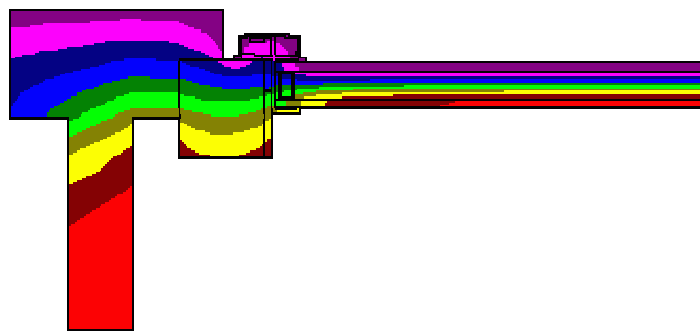
S vlivem distančního Al rámečku je

$$U_{w1} = 2,20 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

$$U_w \text{ celého okna potom} = \mathbf{1,52 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}}$$

ZHORŠENÍ CELKOVÉHO U_w

VLIVEM DISTANČNÍHO RÁMEČKU ČINÍ **18 %**



Zobrazení simulace teplotního pole při použití izolačního zasklení s náplní plynu Krypton $U_{ZASKLENÍ} = 0,9 \text{ (W/m}^2 \cdot \text{K)}$ a **plastového** distančního rámečku.

Bez započítání vlivu distančního rámečku je

$$U_{w1} = 1,75 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

$$U_w \text{ celého okna potom} = \mathbf{1,29 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}}$$

S vlivem distančního plas. rámečku je

$$U_{w1} = 1,98 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

$$U_w \text{ celého okna potom} = \mathbf{1,41 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}}$$

ZHORŠENÍ CELKOVÉHO U_w

VLIVEM DISTANČNÍHO RÁMEČKU ČINÍ **9 %**

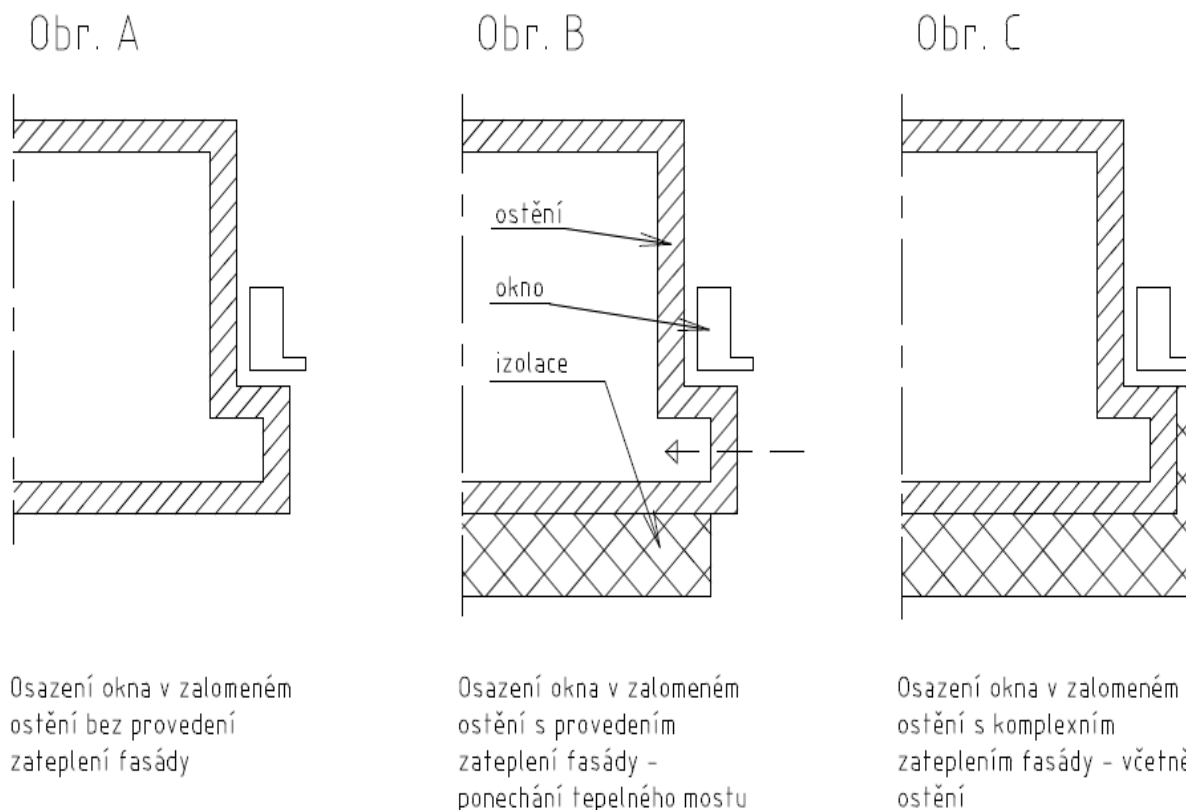
[9]

2.3.2 Umístění oken

V normě ČSN 73 0540-2 jsou uvedeny pokyny pro navrhování a odborné technologické postupy a předpisy. V devíti odstavcích jsou shrnuty základní požadavky. Patří sem potřeba najít optimální poměr mezi slunečnými zisky a tepelnými ztrátami a zajistit dostatečné osvětlení denním světlem. Umístit okna vhodně vzhledem ke světovým stranám, aby nedocházelo ke zbytečnému přehřívání místností. Můžeme použít reflexní vrstvu, která sníží tepelný tok. Musíme ale správně navrhnout poměr mezi využíváním tepelné energie ze Slunce v létě, kdy je to nežádoucí a v zimě, kdy naopak solární zisky uvítáme. Nabízí se také instalace venkovních proti slunečních clon, nebo dostatečný přesah střechy.

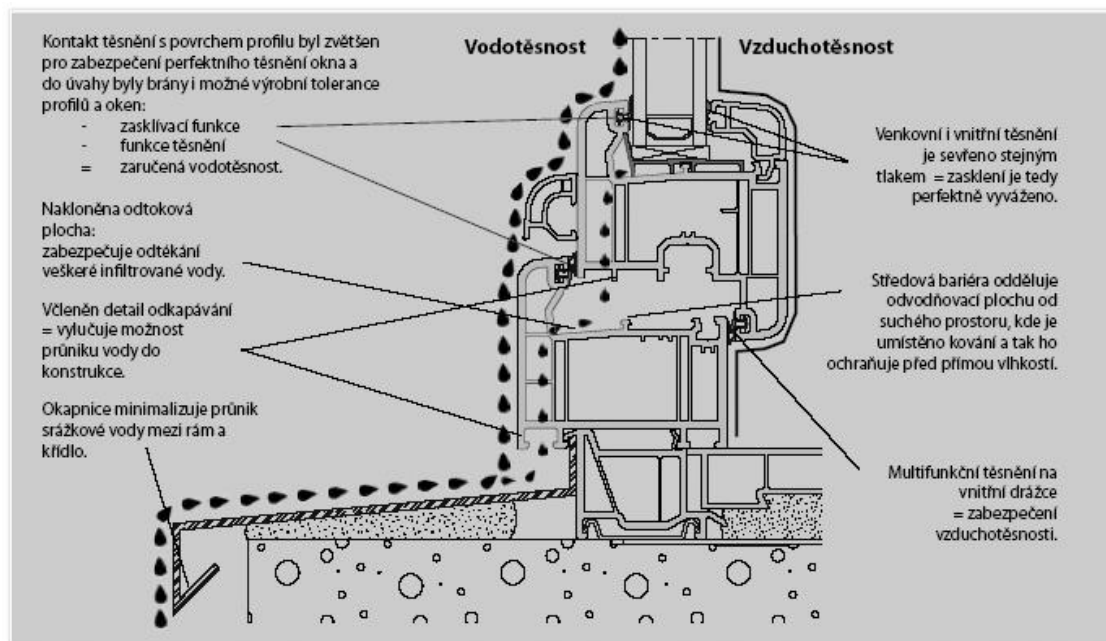
2.3.3 Montáž oken do ostění

Obr. 13 Různé způsoby osazení oken



[10]

Obr. 14 Instalace okna



[3]

Velký problém představuje montáž okna do stavebního otvoru. Nevěnuje se tomu dostatečná pozornost a proto je valná většina oken v ČR montována nesprávně. A to i přesto, že je to upraveno příslušnými předpisy. Přitom správné vyplnění přípojovací spáry a její utěsnění by mělo být samozřejmostí už při počátku realizace instalace nových oken a ne jen jako příplatková možnost nad rámec standardu.

Požadavky na přípojovací spáru dle ČSN 73 0540 – 2:

- § nulová propustnost vody
- § nulová propustnost vzduchu
- § zamezení vzniku kondenzátu
- § umožnění dilatace (těsnící i kotevní prvky)
- § tepelná a zvuková izolace

Celkový součinitel prostupu tepla je součtem hodnoty celého okna a přípojovací spáry:

$$U = \frac{1}{A} \cdot \left(U_w \cdot A_w + \frac{I_{Joint} \cdot s}{t} \cdot l \right) \quad [W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}]$$

kde	U_w	součinitel prostupu tepla celým oknem $[W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}]$
	A_w	plocha celého okna $[m^2]$
	$\frac{I_{Joint} \cdot s}{t \cdot A} \cdot l$	součinitel prostupu tepla spárou $[W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}]$
	A	pohledová plocha okenního otvoru $[m^2]$
	I_{Joint}	součinitel tepelné vodivosti spáry $[W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}]$
	s	šířka spáry $[m]$
	l	délka spáry $[m]$
	t	stavební hloubka $[m]$

Správné vyplnění spáry představuje provést tři základní úkony. Napřed se na rám nalepí dvojice fólií. Zevnitř fólie zamezující průchodu vzdušné vlhkosti do spáry a z vnější strany fólie proti pronikání vody do spáry a umožňující větrání spáry. Následuje vyplnění prostoru mezi rámem a zdívkou PUR pěnou, ta se nechá 24hod vytvrdnout a následně seřízne

zároveň s rámem. Připravené fólie se pečlivě přelepí přes pěnu a okolní zdivo, tím je zajištěna těsnost celé připojovací spáry. Teplý vzduch nemůže v zimě ve velkém množství unikat a nezpůsobuje tak kondenzaci uvnitř pěny a následný vznik plísní. Pokud se nepoužije fólie, dochází k nasáknutí pěny a součinitel tepelné vodivosti může dosahovat hodnoty $1,5 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ a vyšší (v suchém stavu má PUR pěna $0,04 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$). To má za následek zhoršení celkových vlastností nově instalovaného okna a celková hodnota prostupu tepla se může dostat na hodnotu vyšší, než tomu bylo před samotnou instalací, pokud se jedná o výměnu oken.

2.3.4 Renovace stávajících oken

Současná instalovaná okna lze celkem úspěšně proměnit v kvalitní okna splňující požadavky dnešní normy, která patří mezi nejprísnější v Evropě. Týká se to hlavně oken zdvojených, u kterých jsou dvě křídla s jedním sklem spojena šrouby. A oken špaletových, které se hojně vyskytují u historických budov. Ty se skládají ze dvou křídel. Vnější a vnitřní křídlo, mezi nimiž je vzduchová mezera obložena dřevem v šíři otvoru, ve kterém jsou instalována. Oprava okna nám může uspořit značné peníze v případě, že by se v krátké době nevrátila investice do nových oken. Zdravá okna je třeba nejprve za tepla zbavit starého nátěru, řádně naimpregnovat, ošetřit proti plísním a natřít. Do vnějšího rámu můžeme umístit moderní izolační dvojsklo s inertním plynem a pokovenou vrstvou s malou pohltivostí, nebo použít levnější verzi a nalepit na rám polyesterovou fólii, jak uvádí v [5]. Samozřejmě je důležité celé okno utěsnit. Pokud byl použit hliníkový „kovotěs“, je třeba ho odstranit, aby nevytvářel tepelný most. Nové těsnění se musí vždy umístit na teplejší stranu okna. Další doplňkové systémy jako jsou vnitřní a venkovní žaluzie a rolety nám opět pomohou zlepšit tepelně technické vlastnosti.

3 Zjišťování tepelně izolačních vlastností oken

3.1 Legislativa

Pro zabudování stavebních konstrukcí platí v České republice zákon č. 183/2006 Sb. a příslušné vyhlášky. Vymezuje konkrétní technické požadavky. Každý výrobek uvedený na trh musí mít certifikát o shodě dle nařízení vlády č. 163/2002 Sb. a 312/2005 Sb. dle nařízení vlády č. 190/2002 Sb. evropskou harmonizační normu, označení CE.

Požadavky na výplně otvorů dle nařízení vlády č. 163/2002 Sb.

Mechanická odolnost a stabilita:

- § Požární bezpečnost
- § Hygiena, ochrana zdraví a životního prostředí
- § Bezpečnost při užívání
- § Ochrana proti hluku
- § Úspora energie a ochrana tepla

Další požadavky určuje přímo norma ČSN 73 0540 – 2.

Mezi základní požadavky patří:

- § Šíření tepla konstrukcí
- § Nejnižší vnitřní povrchová teplota konstrukce
- § Součinitel prostupu tepla
- § Šíření vlhkosti konstrukcí
- § Zkondenzovaná vodní pára uvnitř konstrukce
- § Roční bilance kondenzace a vypařování vodní páry uvnitř konstrukce
- § Šíření vzduchu konstrukcí a budovou
- § Průvzdušnost
- § Tepelná stabilita místností
- § Energetická náročnost budovy

Důležité parametry z výše uvedeného jsou:

- § nejnižší povrchová teplota θ_{si} [°C], musí být zaručena vždy vyšší, než je teplota rosného bodu, aby nedocházelo ke kondenzaci vodních par na povrchu a následnému vzniku plísní
- § součinitel prostupu tepla U [$\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$]
- § lineární činitel prostupu tepla ψ [$\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$]
- § průvzdušnost funkčních spár výplní otvorů i_{LV} [$\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$]

3.2 Zkoušky oken

Zkoušky posuzování oken provádí v České republice Centrum stavebního inženýrství (CSI – AO 212) s pobočkami v Praze a Zlíně. Tyto laboratoře se zaměřují na nedřevěná okna. Dřevěná okna se zkouší např. ve Zkušebně stavebně truhlářských výrobků Mendelovy zemědělské a lesnické univerzity v Brně se sídlem ve Zlíně. Tyto instituce vydávají prohlášení o shodě, to znamená, že daný výrobek splňuje normu. Dále provádějí certifikaci na určité vlastnosti. Například si výrobce může nechat vydat certifikát na prostup tepla. Zvýší mu to šanci prodat více výrobků, protože oproti konkurenci garantuje určité uváděné parametry.

Výrobky se posuzují podle šesti základních kritérií:

- § Posouzení výrobku s technickou dokumentací.
- § Průvzdušnost podle ČSN EN 1026 a průvzdušnost po zkoušce zatížení větrem.
- § Vodotěsnost podle ČSN EN 1027.
- § Odolnost proti zatížení větrem podle ČSN EN 12211.
- § Únosnost omezovačů otevírání a odolnost proti statickému kroucení podle ČSN EN 14609.
- § Prostup tepla výpočtem nebo měřením.

3.2.1 Posouzení výrobku s technickou dokumentací

Kontroluje se, zda dodaný výrobek odpovídá technické dokumentaci. Ověřuje se správnost rozměrů, pravoúhlost, typ zasklení a další parametry daného výrobku.

3.2.2 Průvzdušnost

Posuzuje se průvzdušnost bez a se zatížením větrem vztažená na celkovou plochu $[\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}]$ a na délku spáry $[\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}]$. Průvzdušnost je spolu s prostupem tepla nejdůležitější vlastnost oken. Průvzdušnost udává množství vzduchu, které projde přes otvorovou výplň za jednotku času při daném statickém rozdílu tlaků. Udává se obvykle v m^3 za hodinu při daném tlaku [9]. Dnešní požadavky na hodnoty průvzdušnosti jsou velmi přísné. Norma ČSN 73 0540-2 udává požadovanou hodnotu $i_{L,V,N} = (0,3-0,87) \text{m}^3/\text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{Pa}^{0,67}$. Podle výšky umístění okna, s výškou hodnota klesá. Požadavek je zajistit maximální možnou těsnost okna, aby nedocházelo k výměně vzduchu mezi venkovním a vnitřním prostředím, což sebou přináší zvýšení tepelných ztrát a v případě instalace strojního větrání další komplikace například s využitím rekuperace. Klesá pak její účinnost. Proudění vzduchu mezi dvěma prostředím vzniká působením větru, který vyvolává mírný podtlak, nebo přetlak, podle jeho směru. Při bezvětří probíhá výměna stále, na základě rozdílných teplot vzduchu. Teplejší vzduch se dostává ven a uvnitř místnost i minimální infiltrací se pak ustálí hodnota tlaku na menší hodnotě, než je tomu venku. V [10] se např. uvádí, že plastová okna mají 12 a dřevěná 8 menší infiltraci, než stará dřevěná okna montovaná do panelových domů. Při navrhování se proto dnes s infiltrací nepočítá, je zanedbatelně malá vzhledem k ostatním vlivům. Aby bylo vyhověno potřebě čerstvého vzduchu a hygienickým předpisům, musí se více větrat, otevíráním oken, nebo strojně.

Měření infiltrace se provádí v hermeticky uzavřené komoře, kde je pomocí ventilátoru vytvořen požadovaný tlak a tlakoměry se měří úbytek tlaku. Na základě naměřených hodnot měření vzhledem k ploše okna a délce spáry se okna roztrídí do jednotlivých tříd viz. Tab. 5.

Tab. 5 Referenční průvzdušnost vztažená na jednotku plochy okna při rozdílu tlaku 100 Pa, zařazení do tříd a maximální zkušební tlaky

Třída	Referenční průvzdušnost při 100 Pa·m ³ ·h ⁻¹ ·m ⁻²	Maximální zkušební tlak
0	nezkouší se	
1	50	150
2	27	300
3	9	600
4	3	600

[12]

Tab. 6 Referenční průvzdušnost vztažená na jednotkovou délku spáry při rozdílu tlaku 100 Pa, zařazení do tříd a maximální zkušební tlaky

Třída	Referenční průvzdušnost při 100 Pa·m ³ ·h ⁻¹ ·m ⁻¹	Maximální zkušební tlak
0	nezkouší se	
1	12,5	150
2	6,75	300
3	2,25	600
4	0,75	600

[12]

3.2.3 Vodotěsnost

Vodotěsnost je důležitá vlastnost oken, zejména tam kde jsou vystavena nepříznivým povětrnostním vlivům. Zkouška začíná 15-ti minutovým postřikováním bez tlaku. Okno, které nesplní tento základní parametr, nevyhovuje minimálním požadavkům a není klasifikováno. Pokud splní, následuje postupné zvyšování tlaku vody dle Tab. 6, voda je stříkána každých dalších 5 minut. Tlak vody je vyvoláván ventilátorem.

Tab. 7 Klasifikace vodotěsnosti podle ČSN EN 12208

Zkušební tlak	Klasifikace		Požadavky
P _{max} [Pa]	Zkušební postup B	Zkušební postup B	
-	0	0	bez požadavku
0	1A	1B	15 min postřikování
50	2A	2B	Jako třída 1 + 5 min
100	3A	3B	Jako třída 2 + 5 min
150	4A	4B	Jako třída 3 + 5 min
200	5A	5B	Jako třída 4 + 5 min
250	6A	6B	Jako třída 5 + 5 min
300	7A	7B	Jako třída 6 + 5 min
450	8A	-	Jako třída 7 + 5 min
600	9A	-	Jako třída 8 + 5 min
>600	Exxx	-	ve stupních po 150 Pa + 5 min

[12]

Zkušební postup A je určen pro nechráněné výrobky, postup B pro částečně chráněné. Další třídy se značí Exxx, kde se za xxx doplní maximální dosažený zkušební tlak bez průniku vody.

3.2.4 Odolnost proti zatížení větrem

Zde se hodnotí čelní změna polohy, čelní průhyb, při opakovaném tlaku a na bezpečnost. P1 pro měření průhybů jednotlivých částí; P2, rázový tlak pro zjištění vlastností při opakovanému zatížení větrem, používá se padesát cyklů; P3 pro odhad vlastností při vystavení vzorku extrémnímu zatížení větrem viz tabulka 8. Hodnotí se celková tuhost rámu ve třech řadách tlaků, aby nedošlo k poškození oken, například prasknutí skla nebo utržení závěsu. Součástí zkoušky je zjištění průvzdušnosti po zkoušce zatížení větrem, vztažené na celkovou plochu [$\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$] a na délku spáry [$\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$].

Tab. 8 Klasifikace zatížení větrem podle ČSN EN 12210

Třída	P1	P2 ¹	P3
0	nezkouší se		
1	400	200	600
2	800	400	1200
3	1200	600	1800
4	1600	800	2400
5	2000	1000	3000
Exxx ²	xxx		

1. Tento tlak se 50x opakuje.

2. Zkušební vzorky se zatížením větrem, zkoušené pro třídu vyšší než 5. se klasifikují jako Exxx, kde se za xxx doplní skutečný zkušební tlak P1.

[12]

Tab. 9 Klasifikace relativního čelního průhybu

Třída	Relativní čelní průhyb
A	< 1/150
B	< 1/200
C	< 1/300

[12]

Tab. 10 Odolnost proti zatížení větrem – klasifikace

Třída zatížení větrem	Relativní čelní průhyb		
	A	B	C
1	A1	B1	C1
2	A2	B2	C2
3	A3	B3	C3
4	A4	B4	C4
5	A5	B5	C5
E _{xxx} ²	A _{E_{xxx}}	B _{E_{xxx}}	C _{E_{xxx}}

Pozn.: Při klasifikaci odolnosti proti zatížení větrem se vztahuje číslice na třídu zatížení větrem – viz tabulka 8, písmeno na relativní čelní průhyb – viz tabulka 9. [12]

3.2.5 Únosnost omezovačů otevření a odolnost proti kroucení

Účinnost omezovačů otevření a odolnost proti statickému kroucení se provádí jednoduchým zatížením okenního křídla v otevřené poloze závažím po dobu jedné minuty. Měří se zborcení křídla v zatíženém stavu a následně po odlehčení. Bezpečnostní zařízení (např. pojistné a vratné uzávěry), musí být schopno držet křídlo po dobu jedné minuty při aplikaci 350 N na křídlo v nejnepříznivější vzdálenosti.

3.2.6 Prostup tepla výpočtem nebo měřením

Prostup tepla výpočtem podle ČSN EN ISO 10077-1 nebo měřením podle EN ISO 12567-2 – požadavky na okna v ČSN 73 0540-2. Měření prostupu tepla je náročné časově i na vybavení, poskytuje však přesnější výsledky než určené výpočtem. Výrobci si proto často nechají své výrobky změřit v certifikované laboratoři a vydat certifikát na vlastnosti nad rámec zákona. Certifikát o shodě totiž pouze uvádí, že daný výrobek splňuje zákonem dané požadavky.

Dle ČSN EN 10077-1 *Tepelné chování oken dveří a okenic - Výpočet prostupu tepla – část 1*. můžeme pro prostup tepla oknem použít zjednodušenou metodu:

$$U_w = \frac{A_g \cdot U_g + A_f \cdot U_f + I_g \cdot Y_g}{A_g \cdot A_f} \quad [W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}]$$

kde A_g plocha zasklení [m²]

A_f navrhovaná plocha rámu [m²]

I_g celkový viditelný obvod zasklení [m]

U_g součinitel prostupu tepla zasklením [$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$]

U_f součinitel prostupu tepla rámem [$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$]

y_g lineární činitel prostupu tepla způsobený kombinovanými tepelnými vlivy zasklení, distančního rámečku a rámu [$W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$]

Podle normy ČSN 73 0540 je požadovaná hodnota prostupu tepla $U_w = 1,8$ [$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$] a doporučená $U_w = 1,2$ [$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$].

3.3 Blow-door test

Princip zkoušky spočívá ve zjištění objemu vzduchu, který uniká pláštěm budovy. Pravidla pro měření a vyhodnocení jednoznačně vymezuje norma ČSN EN 13829. Určuje přípustné ovlivnění větrem, výšku budovy a další, tak aby hodnoty nebyly zkresleny. Test těsnosti je důležitý zejména u nízko energetických a pasivních budov, do kterých se instaluje nucené větrání a je požadována co největší těsnost. Zkouška spočívá v instalování ventilátoru, například do vstupních dveří. Ten vytváří podtlak, nebo přetlak, podle toho co chceme a následně se sleduje, kolik vzduchu se musí přivést, aby se udržel po stanovenou dobu daný tlakový rozdíl. Množství přivedeného vzduchu pro udržení rozdílu tlaků je roven ztrátám průvzdušností. Test probíhá ve dvou fázích dle ČSN EN 13829. Napřed probíhá měření při nedokončené stavbě, to je podle metody B. Případné odhalené hrubé netěsnosti se dají lehce opravit, bez větších stavebních zásahů. Druhá fáze probíhá dle metody A (certifikační), při dokončené stavbě. Naměřený výsledek se zapisuje do energetického štítku budovy. Vyjadřuje kvalitu zhotoveného díla a stavitele. Takto provedený kompletní test hodnotí průvzdušnost celé budovy. S úspěchem se však dá použít i na dílčí stavební prvky. Myslím tím konkrétně stavební výplně – okna. Po instalaci okna se zajistí požadovaný tlakový rozdíl a kolem okna se pomocí „kouřící tužky“ zkontroluje, zda nedochází k nežádoucímu uniku vzduchu.

Obr15 Měření těsnosti budovy



[13]

Vlastní součinitel spárové průvzdušnosti funkčních spár výplní otvorů se označuje i_{LV} , udává se v $\text{m}^3/(\text{s} \cdot \text{m} \cdot \text{Pa}^{0,67})$. Udává množství metrů krychlových vzduchu, který projde za 1 sekundu 1 metrem spáry při rozdílu tlaků 1Pa Dle normy ČSN EN 73 0540-2 musí splňovat podmínku:

$$i_{LV} \leq i_{LV,N}$$

kde $i_{LV,N}$ je požadovaná hodnota součinitele spárové průvzdušnosti, v $\text{m}^3/(\text{s} \cdot \text{m} \cdot \text{Pa}^{0,67})$, která se stanoví podle tabulky níže.

Tab. 11 Požadované hodnoty součinitele průvzdušnosti $i_{LV,N}$ podle ČSN 730540-2

Funkční spára ve výplni otvoru	Požadovaná hodnota součinitele spárové průvzdušnosti $i_{LV,N}$ [$\text{m}^3/(\text{s} \cdot \text{m} \cdot \text{Pa}^{0,67})$]	
	Budova s větráním přirozeným nebo kombinovaným	Budova s větráním pouze nuceným nebo s klimatizací
Vstupní dveře do budovy	$0,85 \cdot 10^{-4}$	$0,50 \cdot 10^{-4}$
Dveře oddělující ucelenou část budovy	$0,85 \cdot 10^{-4}$	$0,50 \cdot 10^{-4}$
Vnější okna a balkónové dveře při celkové výšce nadzemní části budovy - do 8 m včetně	$0,85 \cdot 10^{-4}$	$0,10 \cdot 10^{-4}$
- mezi 8 m a 20 m	$0,60 \cdot 10^{-4}$	
- nad 20 m včetně	$0,30 \cdot 10^{-4}$	

3.4 Princip měření termočlánkem

Princip měření je založen na termoelektrickém jevu. Vzniká ve speciálních případech, kdy zahřejeme vodič elektrického proudu. V něm dochází k přeměně vnitřní energie na elektrickou, tu změříme na mikrovoltmetru[14]. Tyto zdroje kde takto dochází k přeměně, nazýváme termočlánky. Využíváme spojení dvou různých kovů a poznatku, že výsledné napětí závisí na rozdílu teplot. Volné konce spojených kovových vodičů se udržují na nižší teplotě. Mezi základní typy patří termočlánky K (NiCr – Ni), J (Fe – Co), S (Pt10%Rh – Pt), B (Pt30%Rh – Pt), T (Cu – CuNi). Pro vlastní měření byl použit termočlánek typu K. Teplotní rozsah K článku je (-270 až 1370)°C. Naměřené napětí na K článku se dle normy ČSN EN 60584-1 vyhledá v tabulce Základní hodnoty termoelektrického napětí a odečte se příslušná teplota s přesností na tisícinu stupně celsia. Pro převod z napětí na stupně celsia byl použit program conversions.exe volně stažitelný z internetu [15].

3.5 Princip měření snímačem tepelného toku

K měření byl použit snímač tepelného toku od výrobce Omega. Typ HFS – 3 s integrovaným termočlánkem pro samostatné měření povrchové teploty. Tento snímač lze umístit na libovolnou, i zakřivenou plochu z různorodých materiálů. Snímač se skládá z tenké kaptonové fólie (polyamidový film), ve které je více než padesát termočlánekových spojů. Kaptonová fólie dané tloušťky má známou teplotní charakteristiku. Typ HFS – 3 má tloušťku 0,1778 mm. Pokud nalepíme snímač na povrch, kde chceme měřit, procházející tepelný tok přes fólii je přímo úměrný teplotní diferencí. Tok procházející přes fólii je stejný jako ten co prochází přes plochu, kde je nalepena. Mikrovoltmetr nám ukáže napětí odpovídající tomuto tepelnému toku.

Obr. 16 Snímač tepelného toku



[15]

4 Vlastní měření na oknech

Vlastní měření bylo prováděno v zimním období v areálu TUL. Jedno jižně orientované okno se nachází v laboratořích v budově E, druhé je situované na severní straně budovy A. Zimní období s teplotami okolo 0°C se zvolilo záměrně, aby výsledný rozdíl teplot byl pokud možno v řádu desítek stupňů. Teploty pod bodem mrazu nebyly vhodné, protože by mohlo docházet k tvorbě kondenzátu a ovlivnilo by to výsledky měření povrchové teploty v místnosti. V budově A se pod oknem nacházelo otopné těleso, které při vlastním měření bylo vypnuto. Velmi teplý vzduch, který může dosahovat až 35°C by velmi zásadně ovlivnil naměřené povrchové teploty. Zvýšil by se celkový teplotní gradient mezi vnitřním a venkovním prostředím. Celkový prostup tepla by se tak několikanásobně zvýšil.

4.1 Postup měření a výpočty

Měření povrchových teplot bylo provedeno termočlánkem typu K. Termočlánek se k povrchu skla upevnil pomocí lepicí pásky. Plocha skla byla rozdělena na dvanáct stejných částí. V každé se změřila povrchová teplota a byla zaznamenána do přístroje, který zaznamenával okamžité hodnoty po 10 vteřinách. Pro vyhodnocení byly vzaty ustálené hodnoty ze záznamu z přístroje. V jednom bodě byla změřena hodnota toku energie pomocí snímače tepelného toku HFS-3 s integrovaným termočlánkem typu K.

Tab. 12 Rozdělení okna

	A	B	C
1	A1	B1	C1
2	A2	B2	C2
3	A3	B3	C3
4	A4	B4	C4

Použité vzorce:

Při kvazistacionárním ději lze srovnávat tepelný tok do stěny vstupující z místnosti, tok vedený stěnou a tok vystupující do okolí.

$$q = a_i \cdot (t_i - t_{pi}) = \frac{t_{pi} - t_{pe}}{R} = a_e \cdot (t_{pe} - t_e) = U \cdot (t_i - t_e) [W \cdot m^{-2}]$$

$$U = \frac{1}{\frac{1}{a_i} + \left(\frac{s_s}{l_s} + \frac{s_M}{l} + \frac{s_s}{l_s} \right) + \frac{1}{a_e}} [W \cdot m^{-2} \cdot K]$$

$q = [W \cdot m^{-2}]$tepelný tok prostupující jednotkou plochy

$a_i = 8 [W \cdot m^{-2} \cdot K]$součinitel přestupu tepla na vnitřní straně

$a_e = 15 [W \cdot m^{-2} \cdot K]$součinitel přestupu tepla na vnější straně

$t_i = [^{\circ}C]$vnitřní teplota

$t_e = [^{\circ}C]$venkovní teplota

$t_{pi} = [^{\circ}C]$vnitřní povrchová teplota

$t_{pe} = [^{\circ}C]$vnější povrchová teplota

$R = [m^2 \cdot K / W]$tepelný odpor stěny

$U = [W \cdot m^{-2} \cdot K]$součinitel prostupu stěny

$s_s = [m]$tloušťka skla

$s_M = [m]$tloušťka mezery mezi skla

$l_s = [W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}]$tepelná vodivost skla

$l = [W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}]$tepelná vodivost plynu v mezeře

$l_{Air} = 0,0257 [W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}]$tepelná vodivost vzduchu při 20°C

$l_{Ar} = 0,016 [W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}]$ tepelná vodivost argonu při 20°C

$l_s = 0,760 [W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}]$ tepelná vodivost skla

4.2 Měření v budově E

V laboratořích budovy E se nachází velkoplošné zasklení. Téměř celý vnější plášť je proveden zasklením. Velké tabule skla jsou rozděleny ozdobnou lištou na tři stejné části, spodní dvě jsou opatřeny bílým nátěrem. Měření tedy probíhalo na horní třetině zasklení. Okna jsou instalována přibližně od roku 1992. Jedná se tříkomorový vyztužený plastový profil s mezerou mezi skly vyplněnou pravděpodobně vzduchem. Z toho se dá usuzovat na nepřítis dobré izolační vlastnosti zasklení i rámu.

Tab. 13 Rozměry okna v budově E:

Šířka X výška zasklení	750x1470 mm
Plocha zasklení	1,1025 m ²
Šířka X výška rámu	1000x1700 mm
Plocha rámu	0,5975 m ²
Výška měřené části okna nad zemí	2 100 mm
Typ zasklení	dvojsklo, mezera plněná vzduchem
Rozměry	4-16-4 mm

Obr. 17 Okno v budově E



4.2.1 Naměřené a vypočtené hodnoty na okně v budově E

Tab. 14 Vnitřní povrchové teploty ve °C

15,7	16,1	16,0
15,8	15,7	15,8
15,7	16,9	16,0
16,7	15,8	15,7

Vnitřní teplota: 19,3°C

Tab. 15 Venkovní povrchové teploty ve °C

10,5	10,2	10,1
11,2	11,1	10,6
12,1	11,8	11,4
13,4	12,8	12,3

Venkovní teplota: 6,2°C

Hodnota naměřená snímačem tepelného toku HFS-3:

$$q = 18,8 \left[W \cdot m^{-2} \right]$$

Průměrná hodnota vnitřní povrchové teploty:

$$t_{pi} = 16,0 \left[^\circ C \right]$$

Průměrná hodnota vnější povrchové teploty:

$$t_{pe} = 11,5 \left[^\circ C \right]$$

Vypočtené hodnoty:

Ve vzorci:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{a_i} + \left(\frac{s_s}{I_s} + \frac{s_M}{I_{Ar}} + \frac{s_s}{I_s} \right) + \frac{1}{a_e}} = \left[W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1} \right], \text{ označíme závorku jako } 1/K \text{ a dosadíme}$$

nejdříve jako plyn vzduch:

$$\frac{1}{K_{Air}} = \left(\frac{s_s}{I_s} + \frac{s_M}{I_{Ar}} + \frac{s_s}{I_s} \right) = \frac{0,004}{0,76} + \frac{0,016}{0,0257} + \frac{0,004}{0,76} = 0,628 \left[m \cdot K \cdot W^{-1} \right] \text{ a spočteme } \Delta t_{Air}$$

$$\Delta t_{Air} = (t_{pi} - t_{pe}) = \frac{q}{\frac{1}{K} \cdot 0,628} = \frac{18,8}{1} = 11,8 \left[^\circ C \right]$$

poté dosadíme argon:

$$\frac{1}{K_{Ar}} = \left(\frac{s_s}{I_s} + \frac{s_M}{I_{Ar}} + \frac{s_s}{I_s} \right) = \frac{0,004}{0,76} + \frac{0,016}{0,016} + \frac{0,004}{0,76} = 1,011 \left[m \cdot K \cdot W^{-1} \right] \text{ a spočteme } \Delta t_{Ar}$$

$$\Delta t_{Ar} = (t_{pi} - t_{pe}) = \frac{q}{\frac{1}{K}} = \frac{18,8}{1,011} = 19,0 [^{\circ}C]$$

a následně spočteme za pomoci naměřené vnitřní povrchové teploty kolik by teoreticky měla vyjít vnější povrchová teplota skla:

$$\text{pro vzduch to je } \Delta t_{Air} = (t_{pi} - t_{pe}) \quad t_{pe} = t_{pi} - \Delta t_{Air} = 16 - 11,8 = 4,2 [^{\circ}C]$$

$$\text{pro Argon to je } \Delta t_{Ar} = (t_{pi} - t_{pe}) \quad t_{pe} = t_{pi} - \Delta t_{Ar} = 16 - 19 = -3 [^{\circ}C]$$

Pro ověření výsledku zvolím hodnotu, kterou bych očekával u špatných oken např.:

$$U = 3 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1} \text{ a zpětně vypočítám tepelný tok:}$$

$$q = U(t_i - t_e) = 3(19,3 - 6,2) = 39,3 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$$

Jelikož pro argon vyšla záporná vnější povrchová teplota, můžeme z toho usuzovat, že výplň mezery tvoří vzduch. Změřená vnější povrchová teplota vyšla dokonce 11,5°C. To by napovídalo tomu, že okna nejsou zcela v pořádku, když vyšel minimální teplotní rozdíl na povrchu skel vně a uvnitř. Ale z kontrolního výpočtu je vidět, že okna by mohla mít koeficient prostupu tepla U kolem $2 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$. Takže by okna nebyla v tak špatném stavu, jak napovídá první výpočet. Naše měření snímačem tepelného toku bylo jistě zatíženo velkou chybou. Abychom mohli měření opakovat, nepoužili jsme předepsaný postup, a to lepení pomocí kontaktního tmelu, ale přilepení snímače izolační páskou. Nedokonalé přilnutí ke sklu, tak mohla ovlivnit výsledek měření. Měření bylo prováděno s obdobným výsledkem z interiéru i exteriéru.

4.3 Měření v budově A

Nově instalovaná okna v roce 2008 v plášti budovy A od prvního pohledu slibovaly lepší tepelně technické vlastnosti, než v laboratoři v budově E. Na skle je patrná pokovená vrstva. Při pohledu zvenku je vidět větší odrazivost, která to prozrazuje. Zasklení je realizováno dvojsklem s nízko emisivním pokovením a mezera je vyplněna Argonem. Byly předpokládány mnohem lepší výsledky, než u prvního měřeného okna v budově E.

Tab. 16 Rozměry okna v budově A:

Šířka X výška zasklení	332x917 mm
Plocha zasklení	0,304 m ²
Šířka X výška rámu	1020x1130 mm
Plocha rámu	0,85 m ²
Výška měřené části okna nad zemí	900 mm
Typ zasklení	dvojsklo, Argon, nízkoemisivní pokovení
Rozměry	4-16-4 mm

Obr. 18 Okno v budově A



4.3.1 Naměřené a vypočtené hodnoty na okně v budově A

Tab. 17 Vnitřní povrchové teploty ve °C

18,8	19,1	19
19	18,7	19,1
18,8	19,2	18,8
17,6	18,5	18,2

Vnitřní teplota: 19,5°C

Tab. 18 Venkovní povrchové teploty ve °C

8,9	9,2	9,3
9,2	9,1	8,9
8,7	8,8	8,8
8,8	9,3	9,2

Venkovní teplota: 5,5°C

Hodnota naměřená snímačem tepelného toku HFS-3: $q = 6,54 [W \cdot m^{-2}]$

Průměrná hodnota vnitřní povrchové teploty: $t_{pi} = 18,7 [^{\circ}C]$

Průměrná hodnota vnější povrchové teploty: $t_{pe} = 9,0 [^{\circ}C]$

Vypočtené hodnoty:

Ve vzorci:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{a_i} + \left(\frac{s_s}{I_s} + \frac{s_M}{I_{Ar}} + \frac{s_s}{I_s} \right) + \frac{1}{a_e}} = [W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}], \text{ označíme závorku jako } 1/K \text{ a dosadíme}$$

jako plyn argon:

$$\frac{1}{K} = \left(\frac{s_s}{I_s} + \frac{s_M}{I_{Ar}} + \frac{s_s}{I_s} \right) = \frac{0,004}{0,76} + \frac{0,016}{0,016} + \frac{0,004}{0,76} = 1,011 [m \cdot K \cdot W^{-1}] \text{ a spočteme } \Delta t_1$$

$$\Delta t_1 = (t_{pi} - t_{pe}) = \frac{q}{\frac{1}{K}} = \frac{6,54}{1,011} = 6,6 [^{\circ}C] \text{ Porovnáme s naměřeným rozdílem teplot } \Delta t_2 :$$

$$\Delta t_2 = (t_{pi} - t_{pe}) = 18,7 - 9,0 = 9,7 [^{\circ}C] \text{ Rozdíl mezi naměřenou hodnotou a vypočtenou hodnotou je } \Delta t_1 - \Delta t_2 = 9,7 - 6,6 = 3,1 [^{\circ}C]$$

Pro ověření výsledku opět zvolím hodnotu, kterou bych očekával u kvalitních např.:

$U = 1,3 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ a zpětně vypočítám tepelný tok:

$$q = U(t_i - t_e) = 1,3(19,5 - 5,5) = 18,2 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$$

Z výsledku vyplývá, že daný rozdíl teplot nám způsobila odrazivá fólie na skle. Ve vypočtené teoretické hodnotě se neprojevila, ale ve výpočtu z naměřených hodnot povrchových teplot ano. Díky odrazivé fólii nám klesla vnější povrchová teplota a tím se zvětšil rozdíl povrchových teplot. Tímto jednoduchým postupem se ověřilo, že fólie má skutečně přínosný efekt. Kontrolním výpočtem opět vyšla hodnota tepelného toku větší, než naměřená. Pro chybu měření platí to co bylo řečeno výše u měření na okně v budově E.

4.4 Zhodnocení vypočtených hodnot

Podmínky a celková vybavenost během měření se samozřejmě značně odlišovaly od podmínek laboratorních. Byly vybrány dny bez slunečního svitu s teplotami okolo nuly a pěti stupňů. Během měření v budově A bylo bohužel deštivé počasí. Kapky dopadaly i na sklo, mohly tak ještě za spolupůsobení větru snižovat venkovní povrchovou teplotu. U okna A se všechny hodnoty téměř shodují, i když to na první pohled není patrné. Z výsledků vychází, že okno je skutečně pokovené a mezera bude vyplněna plynem s nižší tepelnou vodivostí – Ar.

U okna v laboratoři v budově E jsem měřením zjistil ještě uspokojivý stav oken. Přestože původní měření povrchových teplot tomu nenasvědčovala.

Měření v akreditovaných laboratořích probíhá na jiné úrovni, než mnou provedené měření. Cílem ale nebylo nahradit jejich měření, ale ověřit parametry uvedených oken. To se myslím podařilo splnit.

5 Poptávka na dodávku oken

Pro získání přehledu základní nabídky oken a souvisejících služeb na našem trhu, jsem zaslal poptávku na výrobu oken do firem zabývajících se touto problematikou. Z oslovených třiceti firem nabídku zaslalo přibližně osmdesát procent. Dvě z nich si ještě vyžádaly dodatečnou konzultaci poptávky a nabízeli jiná řešení. Nejkomplexnější nabídky včetně výpočtů součinitele prostupu tepla zaslali výrobci oken z hliníkových profilů a výrobci z dřevěných profilů. Firmy zabývající se plastovými okny měli pouze základní nabídky.

5.1 Poptávka na okna

Pro vytvoření poptávky jsem vzal projekt dvoupatrového rodinného domu a podle rozměrů stavebních otvorů nechal zpracovat nabídky. Předpokládal jsem dům s malou potřebou tepla na vytápění. Vytvořil jsem poptávkový list (viz příloha 1) a ten odeslal 36 firmám vyrábějících okna.

5.2 Nabídky na dodávku oken

Za úplnou a kompletní nabídku jsem považoval tu, která řešila vše komplexně. Podrobný popis rámu, zasklení včetně všech rozměrů a vlastností. Nabídka musela obsahovat co je a není součástí dodávky, jako např. popis montáže včetně použití systému fólií a souvisejících prací. Okna jsem poptával včetně vnitřních a vnějších parapetů. V neposlední řadě jsem kladně hodnotil položkovou cenovou kalkulaci.

5.3 Vyhodnocení nabídek

Optimální zasklení vzhledem k užitým vlastnostem a ceně se mi nejlépe jeví použití trojskla s mezerou 16mm vyplněnou argonem. Při použití kryptonu můžeme mezeru zmenšit až na 10mm při zachování dobrých tepelných vlastností, ale zde vystupuje negativně až osmkrát vyšší cena za krypton. Materiál rámu okna lze zvolit dle přání každého. Hliníkový si nejspíše vybere někdo pro luxusní reprezentativní stavbu, než pro běžný rodinný domek. Zda volit dřevo nebo plast, je na uvážení každého. Do historických budov zcela jistě patří dřevo. Mezi plastovými rámy lze najít vysoce kvalitní kusy a použitím dekoru získáme okna s minimálními nároky na údržbu. Dřevěná se jednou za deset let musí ošetřit, záleží na kvalitě prvotní ochranné vrstvy.

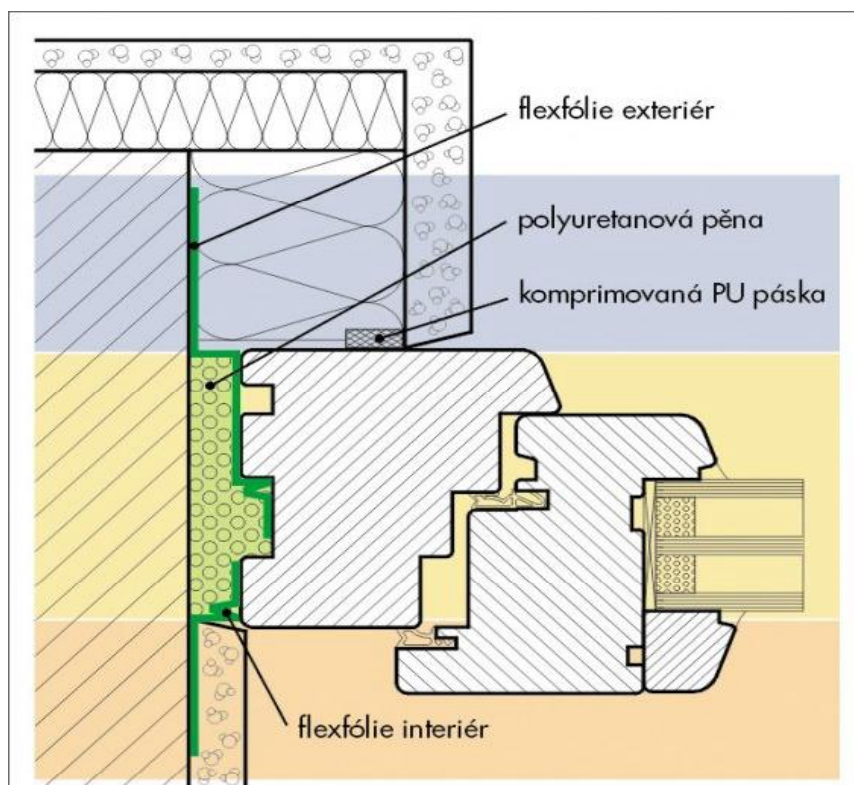
Z nabídek dřevěných profilů jsem jako dobrou vybral číslo 1 od firmy Miroslav Šírer z Kublova (viz příloha 3). Jako jediný zaslal vše co bylo požadováno, včetně montáže za použití vnitřních a venkovních těsnících pásek (viz obr. 18) a dodávky parapetů. Také jako jediný výrobce zaslal certifikát o ověření vlastností. Rozdíl v ceně okenních profilů a zasklení nebyl mezi jednotlivými firmami natolik výrazný, aby se nevyplatilo investovat do kvalitního zasklení trojsklem.

Z plastových profilů mě nejvíce oslovila nabídka firmy Plastokno. Jako jediní ze dvou mě kontaktovali a vyžádali si konzultaci ohledně mých požadavků a snažili se mi nabídnout několik variant. Jejich přístup byl velice profesionální a informace vyčerpávající.

Mezi výrobci hliníkových oken by jsem zvažoval nabídku firmy Alface. Nabídli vše co jsem požadoval a za přijatelnou cenu oproti ostatním.

Všechny nabídky jsem zpracoval do přehledné tabulky (viz příloha 3). Z ní je patrné co která nabídka obsahovala, jaké parametry firmy nabídky a obsahuje také důležité porovnání cen. Ceny uvedené v jednotlivých nabídkách nebyly konečné. Při snaze o kontaktování firem jsou ochotni ještě s cenou hýbat a dávat různé jedinečné a speciální akční ceny. Hlavně na plastová okna mi byli dále nabízeny slevy na profily.

Obr. 18 Zdivo se zateplovacím systémem – montáž pomocí fólií



[20]

Základní požadavky při výběru:

Každá nabídka by měla splňovat minimálně základní podmínky. Na základě vlastních nabídek a měření provedené zkušebnou ve Zlíně, jsem se pokusil je shrnout do pár bodů.

1. Použití izolačního zasklení s minimální hodnotou $U_g=1,1\text{W/m}^2\text{K}$.
2. Dostatečná hloubka zasklení – výška překryvu rámečku 8-10mm.
3. Zasklení s $U_g=1,1\text{W/m}^2\text{K}$ s použitím studeného rámečku a malého překryvu nesplní požadavek nejnižší povrchové teploty $10,2^\circ\text{C}$ dle normy ČSN 730 540.
4. U plastových oken vyžadovat třídu profilů A – tloušťka hlavních stěn je 3mm.
5. U plastových oken je důležitá kvalitní vnitřní výztuha, případně použití sloupků - kvůli staticce – za pár let by okna nešla dovírat.
6. Vyžadovat správnou montáž dle norem – použití těsnících pásek viz orb.1.
7. Certifikát ze zkušebny by měl být samozřejmostí.
8. Nevybírat podle nejnižší ceny!

Závěr

V teoretické části bakalářské práce je základní rozdělení používaných oken a zasklení nabízející trh v České republice. Jsou zde vyjmenovány základní problémy, které mohou ovlivňovat celkové vlastnosti oken po zabudování do ostění. Při výběru okna je nutné si uvědomit, co požadujeme, aby výrobek splňoval, ale také co přesně splňovat musí. Bohužel velká většina nabízených výrobků nesplňuje již základní předpisy, např. dostatečné překrytí skla, aby byl splněn požadavek na nejnižší povrchovou teplotu a tím bylo zamezeno kondenzaci vodních par na povrchu. Při koupi nestačí se spoléhat na reklamu a nejnižší cenu, je nutné požadovat kromě certifikátu o shodě také certifikát o splnění uváděných vlastností. Ten vydá po příslušných zkouškách certifikovaná laboratoř. Na našem trhu je již mnoho výrobců prodávajících takto certifikované výrobky. Vybírat je tedy z čeho. Nabídky, které jsem obdržel od výrobců mnohdy obsahovaly stejnou výslednou cenu. Ale při podrobnější analýze se ukázaly velké rozdíly a ve výsledku by se cena při stejné kvalitě vyšplhala o desítky tisíc. Je tedy důležité věnovat pozornost komplexnosti celé nabídky. Kromě koupě vhodného okna se musí dodržovat správné postupy i při montáži do ostění. Montážní firmy nepoužívají správný systém těsnění. To je další, často bohužel podceňovaný problém, který vede ke vzniku plísni kolem oken.

Praktická část zaměřená na měření, která byla prováděná na dvou zcela odlišných oknech ukázala, že i mimo laboratoř lze ověřit základní vlastnosti uvedené výrobcem. Cílem nebylo a ani nemohlo být přesné posouzení parametrů a požadavků dle norem. Cílem bylo přibližně ověřit parametry oken. V budově A jsou instalována nová okna s kvalitním zasklením a odrazivou fólií. Oproti tomu se v laboratořích budovy E nacházejí starší okna, která ale budou ještě pár let plnit svou funkci.

Literatura

- [1] <http://www.izolacnisklo.cz/folie.html>
- [2] <http://www.sedma.cz/produkty/technicka-knihovna/pokoveni/>
- [3] <http://www.deceuninck.cz>
- [4] <http://www.aqokna.cz>
- [5] <http://www.veronica.cz/?id=316>
- [6] <http://www.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=4695>
- [7] <http://www.slavona.cz/files/montaze-a-tesneni/tesneni3.jpg?full>
- [8] http://stanek.euweb.cz/Skola_Sf_teptech_Dp_kps13.htm
- [9] http://www.stanek-lukas.cz/Skola_Sf_teptech_Dp_kps13.htm
- [10] http://www.futurex.cz/soubory/problematika_spravneho_navrhu_stavebnich_otvoru_v_souladu_s_csn_730540-1207210217-1236114182.pdf
- [11] Zeman, Ivo: Okenní otvory v obvodovém plášti, meziokenní vložky a související konstrukce, příspěvek semináře CERPADU v Hradci Králové 23. června 2005.
- [12] Volf, Petr: Zkoušky a posuzování oken, www.stavebnictviainterier.cz, sekce Okna, vydáno 30.6.2005.
- [13] <http://www.blowtest.cz/index.php?obsah=fotogalerie>
- [14] Svoboda, Emanuel a kol., Přehled středoškolské fyziky, Praha, Prometheus, 2001
- [15] http://www.omegaeng.cz/ppt/pptsc.asp?ref=HFS-3_HFS-4&Nav=tema03
- [16] <http://www.newport.cz>
- [17] <http://www.cometsystem.cz/download-utility.htm>
- [18] Ladener, Heinz: Jak pořídit ze staré stavby nízkoenergetický dům, Ostrava: HEL, 2001, ISBN 80-86 167-16-x
- [19] <http://www.czechdesign.cz/index.php?status=c&clanek=482&lang=1>
- [20] http://www.illbruck.cz/cz/aplikace/okna/okenni_tesnici_system_i3/index.html
- [21] <http://www.drevooptima.cz/index2.html>
- [22] <http://aluplast.cz/produkty/zaskleni1/>
- [23] <http://www.infoenergie.cz/web/root/energy.php?nav01=38&nav02=345>
- [24] Brož, K.: Vytápění, Praha, Nakladatelství ČVUT, 2006.

Poptávkový list		Příloha 1
Filip Sklenář, email: FilipSklenar@seznam.cz		
Akce:	Stavba nízkoenergetického rodinného domku, Beroun	
Odesláno:	e-mailem	
Předmět poptávky : okna včetně montáže Zpracování nabídky : § dle technického popisu		
Forma zpracování nabídky :	digitální	
Termín odevzdání nabídky :	20.2.2009	
Obchodní podmínky : dle uzavřené dohody o obchodních podmínkách		
Doručení zpracované nabídky :	e-mailem	
Adresa doručení nabídky :	e-mail : FilipSklenar@seznam.cz	
Předpokládaná doba realizace :	zahájení: květen 2009 ukončení: květen 2009	
Další důležité informace, požadavky : § nabídka musí obsahovat veškeré náklady nabízejícího spojené s plněním díla v místě realizace nabízející je povinen překontrolovat množství, výměry a upozornit na případné odchylky § komplexnost nabídky má vliv na výsledek výběrového řízení (uvedeny hodnoty $U [W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}]$ zasklení a celého okna, vyřešena hydroizolace, parotěsnost...) § pro poptaný rozsah dodávky lze uvést alternativy technického řešení nebo materiálů, do samostatné přílohy ve shodném členění a s náležitým popisem § cenová nabídka je platná pro celý termín realizace a cena je stanovena jako maximální pevná § cena je uvedena bez DPH v Kč. Objednatel nebere ohled na kurzovní riziko.		
Přílohy poptávky : Technický popis		
Poptávku vyhotovil : Sklenář Filip		Dne : 1.2.2009

Technický popis

Materiál rámu: plast, dřevo, hliník, nebo kombinace materiálů (ochranné krycí lišty...).

Barva rámu: hnědá oboustranná barva profilu - upřesní se dle vzorníku.

Druh zasklení: izolační dvojsklo s thermo fólií, případně trojsklo

Montáž: včetně vnitřního dřevotřískového a venkovního hliníkového parapetu v barvě.

Další požadavky: všechna okna mimo posledních třech uvedených níže budou otvíravé a vyklápěcí, dvoukřídlé se sloupkem, stříbrné kování bez uzamykání – upřesní se dle nabídky, teplý distanční rámeček, výplň mezery vzácným plynem, hodnota $U_g=1.1\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$ a méně.

ks	šířka x výška	
5ks	1700x1250mm	
4ks	1700x1250mm	- zvýšený protislunečný požadavek
2ks	1400x1400mm	
3ks	1400x1000mm	
1ks	1000x 750mm	- jednokřídlé, otvíravé, vyklápěcí, bez sloupku
2ks	900x 700mm	- jednokřídlé, otvíravé, vyklápěcí, bez sloupku
3ks	600x 500mm	- jednokřídlé, otvíravé, vyklápěcí, bez sloupku, obyčejné dvojsklo bez, fólií, rám bílé barvy

Pan
Filip Sklenář
Beroun
E-mail: filipsklenar@seznam.cz

CENOVÁ NABÍDKA č.: 09166-88

ze dne: 12.02.2009

MIROSLAV ŠÍRER-truhlářské a řezbářské práce
267 41 KUBLOV 12
tel:311 585 207,fax: 311 585 227
mobil: 602 620 615
m.sirer@tiscali.cz
stavova@tiscali.cz
www.oknasirer.cz

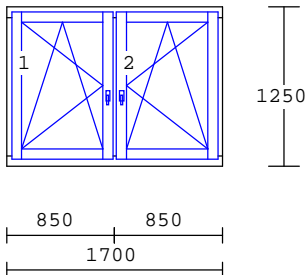
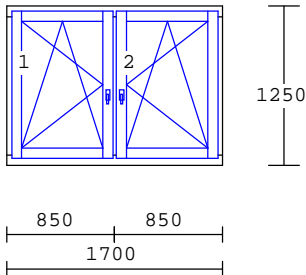
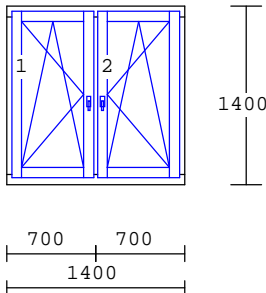
Živnostenský list č.219 evidovaný u Okresního úřadu v Berouně
IČO:12243442
DIČ:CZ5801161685

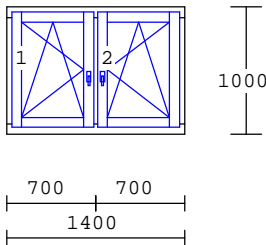
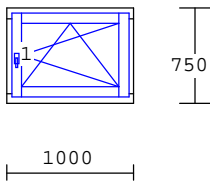
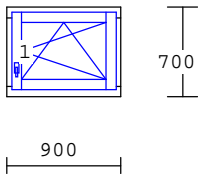
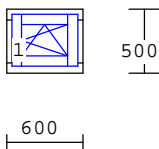
informace o nabídce podá: M.Šírer mobil:602 620 615
Bc.R.Šťávová mobil:606 521 641


kontakt pro zaměření: Z.Vlk
mobil: 724 214 900

děkujeme za Vaši poptávku a nabízíme následující:

Veškeré náhledy jsou při pohledu ZEVNITŘ.U vchodových dveří záleží na způsobu otevírání-dovnitř či ven.

Pol.	množství	Popis	cena/ks Kč	celkově Kč
1	5.00 ks	2-dílný prvek Okenní křídlo dřevo : smrk napojovaný nátěr : lazura výplň : T4A-16TGI-F4-16TGI-T4A Ug=0,6 kování : Otevíravě sklopné levé Otevíravě sklopné pravé rozměry: 1700x1250	12.935,00	64.675,00
				
2	4.00 ks	2-dílný prvek Okenní křídlo dřevo : smrk napojovaný nátěr : lazura výplň : VSG Solar-12TGI-F5-12TGI-CGP06 kování : Otevíravě sklopné levé Otevíravě sklopné pravé rozměry: 1700x1250	16.130,00	64.520,00
				
3	2.00 ks	2-dílný prvek Okenní křídlo dřevo : smrk napojovaný nátěr : lazura výplň : T4A-16TGI-F4-16TGI-T4A Ug=0,6 kování : Otevíravě sklopné levé Otevíravě sklopné pravé rozměry: 1400x1400	12.581,00	25.162,00
				

Pol.	množství	Popis	cena/ks Kč	celkově Kč
4	3.00 ks	2-dílný prvek Okenní křídlo dřevo : smrk napojovaný nátěr : lazura výplň : T4A-16TGI-F4-16TGI-T4A Ug=0,6 kování : Otevíravě sklopné levé Otevíravě sklopné pravé rozměry: 1400x1000	10.240,00	30.720,00
				
5	1.00 ks	1-dílný prvek Okenní křídlo dřevo : smrk napojovaný nátěr : lazura výplň : T4A-16TGI-F4-16TGI-T4A Ug=0,6 kování : Otevíravě sklopné pravé rozměry: 1000x750	5.597,00	5.597,00
				
6	2.00 ks	1-dílný prvek Okenní křídlo dřevo : smrk napojovaný nátěr : lazura výplň : T4A-16TGI-F4-16TGI-T4A Ug=0,6 kování : Otevíravě sklopné pravé rozměry: 900 x700	5.095,00	10.190,00
				
7	3.00 ks	1-dílný prvek Okenní křídlo dřevo : smrk napojovaný nátěr : lazura výplň : F6-20TGI-T4A Ug=1,1 RAL 7040 kování : Otevíravě sklopné pravé rozměry: 600 x500	3.282,00	9.846,00
				
8	1.00 ks	vnitřní parapet 250mm	13.450,00	13.450,00

Pol.	množství	Popis	cena/ks Kč	celkově Kč
9	26.90m	alu-parapet 240mm		
			500,00	13.450,00
10	95.20m	utěsnění připojovací spáry pomocí speciálních těsnících pásů -3D systém,interiér+exteriér	150,00	14.280,00
11	95.20m	montáž oken a dveří novostavba	130,00	12.376,00
suma netto				264.266,00
DPH 9%				23.784,00
suma brutto				288.050,00

barva okapnice:
barva okenní kliky:
barva kliky vchodových dveří:

doprava (tam i zpět) 15Kč/km*

*(Doprava se účtuje individuálně. Rozhoduje velikost zakázky, vzdálenost atd....)

V případě,že výše uvedené výrobky nebudou použity pro bytové účely tzn. k trvalému bydlení v rodinném domě o celkové podlahové ploše 350m v bytě o celkové podlahové ploše 120m2 v bytovém domě nebo pro bytový dům bude účtována základní(19%) sazba DPH.

Základní provedení-Eurookno profil IV 88 :

Třívrstvá nebo čtyřvrstvá lepená lamela,ochranná impregnace s konečnou povrchovou úpravou REMMERS dle vzorníku, termoizolační trojsklo složení LOW E 4mm Quardian ClimaQuard premium-14mm vnitřní rámeček TGI typ W(dutina plněna plynem Argonem 94,6)-FLOAT4mm-14mm vnitřní rámeček TGI TYP W(dutina plněna plynem Argonem 94,6)-LOW E 4 Quardian ClimaQuard premium, celoobvodové kování MACO MULTI TREND, hliníková termookapnice na rám,přídavná hliníková okapnice na křídlo 2x celoobvodové těsnění,bezpečnostní klika HOPPE SECUSTIC.
Koeficient tepelného prostupu celého okna $U_w=1,1W$.

Základní provedení vchodových dveří profil IV68:

Devítivrstvý lepený hranol, ochranná impregnace s konečnou povrchovou úpravou REMMERS dle vzorníku, termoizolační dvojsklo složení FLOAT4mm-16mm vnitřní rámeček TGI-Glass Insulation System

Nabídka 09166-88 z 12.02.2009 list č.:5

GmbH-typ W(dutina plněna plynem Argonem 94,6)-LOW E 4mm Climaguard premium dveřní závěs BAKA PROTECT 3D FD-pro dveře s přídavným těsněním, hliníkový práhový profil BKV-Eifel 80T, bezpečnostní kování PARIS 86G.Koeficient tepelného prostupu celých dveří $U_w=1,4W$ u PUR výplně, u dvojskla $U_w=1,5W$.Třída tolerancí 3 podle ČSN EN 1529

-Záruční doba: 60měsíců

Při objemu zakázky vyšším než 50 000Kč bude poskytnuta desetiletá garance na povrchovou úpravu.

U oken a dveří z dřeviny meranti a napojovaného smrku nejsou barevné odchylky důvodem k reklamaci.

Tato nabídka je platná jeden měsíc.

Doufáme, že jste s naší nabídkou spokojeni a tešíme se na Vaši objednávku

S pozdravem

Bc.R.Šťávová

Pozn. Pokud nebylo provedeno přesné zaměření na stavbě naším technikem a nebyl přesně určen druh materiálu a sklo, je tato nabídka pouze informativní.Po podrobném zmapování zakázky může výrobce poskytnout desetiletou záruku na povrchovou úpravu.

V případě, že jste se rozhodli pro naše výrobky, potvrďte prosím tuto nabídku a zašlete obratem zpět.Rezervujte si prosím včas termín výroby. Děkuje.

S nabídkou souhlasím a závazně u Vás objednávám výše uvedené výrobky.

jméno a podpis:

PŘÍLOHA 5. Porovnání nabídek

nabídka č.	materiál	výrobce	typ profilu	tl. rámu [mm]	komor	dist. rám	Ug [W/m ² K]	Uw [W/m ² K]	zasklení [mm]	skladba exteriér-mezera-interiér
1	dřevo-smrk	M. Šírer	lepené lamely	88	-	plast-nerez	0,60	rám 1,10	40	LOW E4-14Ar-FLOAT 4-14Ar-LOW E4
2	dřevo-smrk	BRAM	lepené lamely	88	-	neuvedeno	0,60		44	4-16Ar-4-16Ar-4
3	dřevo	František Vyštejn	lepené lamely	78	-	swisspacer	0,70	rám 0,82	38	4-12Ar-4-14Ar-4
4	dřevo-smrk	Jiří Hošek	lepené lamely	78	-	plast-nerez	0,75		36	T4A-12Ar-F4-12Ar-T4A
	dřevo-borov.	FREEZART PLUS	lepené lamely	68	-	swisspacer	1,10			izolační dvojsklo Ditherm
6	dřevo	Josef Horký	lepené lamely	72	-	swisspacer	1,10			izolační trojsklo
7	hliník	WEIKR ALU			-		0,80		34,4	3.3.1EN-10Ar-4-10Ar-4EN
8	hliník	H. A. Technik	Schuco	70	-		1,00		30,8	6-16Kr-4.4.2
9	hliník	KALIBRA	Reynaers	86	-	nerez	0,70	1,32-1,47		4-Ar-4-Ar-4
10	hliník	Alface	Reynaers	86	-	plast	0,70	1,25-1,41	44	4-16Ar-4-16Ar-4
12	hliník	THERMONT	SAPA RC	75	-		0,60	1,60-2,30		3 sklo
13	hliník	THERMONT	SAPA RC	75	-		1,10	1,60-2,30		2 sklo
14	hliník	THERMONT	SAPA RC	75	-		0,70	1,60-2,30		2 sklo+thermofólie
15	plast	JIS	INOUTIC	76	6	nerez	1,10		24	F4-16Ar-PT4
16	plast	LIMA plast	VEKA	90	6	nerez	0,60		44	4-16-4-16-4
17	plast	Plast okno	KBE	70	5	swisspacer	0,68		36	4-12-4-12-4
18	plast	Plast okno	KBE-ventilace	70	5	nerez	0,68		36	4-12-4-12-4
19	plast	Winko	Kommerling	70	5	nerez	1,10		24	PT4-16Ar-F4
20	plast	EURO Jordán	Deceuninck	70	5	neuvedeno	1,10		24	F4-16Ar-TN4
21	plast	A.R. Okení technika	Schuco	82	6	nerez	0,70	rám 1,10	36	N4-12Ar-4-12Ar-4

3D těsnění ano/ne [Kč]	jen okna [Kč]	celkem [Kč]	parapety ano/ne	poznámka
ano 15 565	229 674	288 050	ano	sklo s pokovením, kompletní dodávka, certifikát
ano 29 692	236 066	284 563	ne	
ne	209 653	222 801	ne	
ne	206 000	217 172	ne	
ne	217 795	218 262	ne	v provedení IV 78 s trojskly (U=0,9W/m2K) je cena 281 466Kč
ano 15 970	180 392	207 936	ne	
ne		558 984	ano	
ano		571 834	ne	tato varianta - 2100Kč za m2 dvojskla - varianta s trojsklem - 3000Kč/m2 - U=0,5W/m2K
za příplatek		510 483	ne	příložen výpočet součinitele prostupu tepla
ano		427 749	ano	krypton (U=0,5W/m2K)-650Kč/m2 - Argon (U=0,7W/m2K)-75Kč/m2, příložen výpočet součinitele prostupu tepla
ne		416 391	ano-ex.	pouze vnější parapety
ne		388 098	ano-ex.	pouze vnější parapety
ne		514 924	ano-ex.	pouze vnější parapety
ne	160860	186605	ano	
ne	162751	201021	ano	
ne	147939	193 795	ano	kompletní nabídka s několika variantami dle kvality i ceny, plus doplňky jako žaluzie a sítky proti hmyzu
ne	164167	210 023	ano	
ne	128515	182414	ano	
ne	131350	140180	ano	cena bez montáže (+ cca 15 000Kč)
plus 18800	157152	194423	ano	